

## EFEK BERBAGAI PERLAKUAN PADA PERMUKAAN METAL DAN PADA UNIT METAL KERAMIK TERHADAP IKATAN METAL KERAMIK

Elin Karlina \*, Ellyza Herda \*\*

\*Bagian ITMKG Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran

\*\* Bagian IMKG Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia

Elin Karlina, Ellyza Herda. Efek perlakuan pada permukaan metal dan pada unit metal keramik terhadap ikatan metal keramik. Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Indonesia 2002;9(3): 13-17

### Abstract

Principally, metal ceramic bonding were determined by availability of forming oxide layer on the interface between metal and ceramic. Only a thin film of oxide layer that needed for provide sufficient adherence. Many investigations were done in order to increase this condition, for example kinds of treatment on the interface e.g. alternative oxidation, sandblasting and finishing metal direction. These investigations purposed to measure the magnitude of metal ceramic bonding through the kinds of test e.g. shear bonding and flexual biaxial testing. Besides, metal ceramic bonding might be detected by the amount of remained ceramic adherence. Treatment on the metal ceramic unit investigated the influence of moisture environment to the metal ceramic bonding.

### Pendahuluan

Keramik banyak dipakai sebagai bahan restorasi di bidang Kedokteran Gigi karena sifat estetikanya yang sangat memuaskan. Warnanya dapat disesuaikan dengan warna gigi sehingga pasien merasa puas dengan perawatan yang dilakukan oleh Dokter Gigi. Akan tetapi disamping kelebihananya, keramik juga memiliki kekurangan yaitu mempunyai sifat yang sangat *brittle* sehingga mudah pecah bila mendapat beban dinamik yang cukup besar.<sup>1</sup>

Salah satu syarat yang harus dipenuhi oleh suatu restorasi ialah harus mempunyai kekerasan dan kekuatan yang cukup untuk menahan beban kunyah, sehingga untuk lebih memenuhi persyaratan itu, keramik dapat dipadukan dengan material lain yang dapat menutupi kekurangannya. Material yang mungkin untuk dipakai ialah logam. Logam mempunyai sifat *ductile*, sehingga dapat mengkompensasi sifat *brittle* keramik dalam menahan beban kunyah. Tetapi pada kenyataannya, ikatan antara keramik dengan logam kadang-kadang tidak sesuai seperti yang diharapkan. Seringkali ikatan ini terlepas disep-

bankan oleh berbagai faktor, baik yang diakibatkan oleh faktor materialnya atau karena faktor perlakuan yang kurang baik.<sup>1,2</sup>

Dengan sering ditemukannya kasus seperti ini, maka makalah ini bertujuan untuk memberikan masukan dan informasi yang bermanfaat tentang ikatan antara metal dengan keramik ditinjau dari faktor perlakuan yang diberikan pada metal juga faktor perlakuan yang diberikan pada metal keramik dan disusun berdasarkan hasil-hasil penelitian para peneliti. Yang akan dibahas pada makalah ini yaitu tentang sistem metal keramik, hubungan berbagai proses oksidasi pada *interface* terhadap ikatan yang terjadi, efek penggunaan logam bekas pakai terhadap ikatan metal keramik,

efek arah *finishing* (penyelesaian) dan efek *sandblasting* terhadap ikatan metal keramik, dan efek perlakuan pada unit metal keramik terhadap ikatan metal keramik.

### Prinsip Umum Restorasi Metal Keramik

Keramik yang biasa dipakai dalam sistem metal keramik disebut *porcelain fused metal* (PFM). Restorasi metal keramik harus memenuhi syarat-syarat : 1. Metal dan keramik mempunyai ikatan yang kuat 2. Metal dan keramik mempunyai *thermal expansi* yang sesuai 3. Keramik yang dipakai relatif mempunyai sifat *low fusing* 4. Metal harus tahan terhadap *deformasi* pada saat keramik mencapai temperatur *fusing*. 5. Keempat syarat tadi harus seimbang, untuk memudahkan penanganan di laboratorium. 6. Bahan-bahan yang dipakai harus bersifat biokompatibel terhadap jaringan. Pada saat *fusing*, keramik harus dapat bersatu dengan logam dan berikatan tanpa merubah bentuk logam. Pada saat mendingin, baik logam maupun keramik akan mengalami *kontraksi* yang akan menimbulkan *crack* atau bahkan terlepasnya keramik dari logam.<sup>1,2,3</sup>

Pada prinsipnya, sifat-sifat restorasi metal keramik ditentukan oleh keadaan *interface*-nya. Bila didapatkan ikatan yang rapat antara metal dengan keramik maka akan terjadi penurunan energi bebas yang dapat memisahkan kedua komponen atau sebaliknya. Ikatan yang terjadi dapat berupa ikatan kimia, mekanis atau ikatan *van der Walls*. Ikatan kimia dapat terjadi bila ada pertukaran muatan lokal pada *interface* metal keramik

yang akan menimbulkan hubungan antar atom. Sebagai contoh ialah adanya pembentukan oksida metal pada permukaan *interface*. Ikatan mekanis dapat terjadi dengan meningkatnya kekasaran permukaan metal yang dapat menghasilkan peningkatan *wettability* keramik pada metal dan juga dapat memperluas permukaan kontak PFM dengan metal. Sedangkan ikatan *van der Walls* dapat terjadi pada saat keramik mempunyai *wettability* pada metal.<sup>2,4</sup>

Logam yang dipakai untuk keperluan ini harus mempunyai sifat mekanis yang baik, tidak merubah warna keramik, mempunyai *thermal expansi* yang sesuai dengan keramik dan dapat menghasilkan ikatan yang kuat dengan keramik. Terdapat enam jenis logam noble (alloy noble) yang sesuai untuk keperluan ini yaitu alloy *very high noble*, alloy *high noble*, alloy *high noble* dengan kandungan Silver, alloy Palladium Silver, alloy Palladium Copper dan alloy Palladium Kobalt. Selain logam noble (alloy noble) juga terdapat tiga jenis alloy casting base metal yang dapat dipakai untuk keperluan metal keramik yaitu alloy Nikel, Kobalt dan Titanium.<sup>1,2</sup>

Dengan alasan ekonomis, sejak 1980 penggunaan alloy yang mengandung Au tinggi kemudian digantikan posisinya oleh Palladium, karena hasil yang didapat tidak terlalu berbeda dengan hasil yang diberikan oleh Au. Sehingga sejak saat itu mulai banyak digunakan logam Palladium yang dipadukan baik dengan Cu, Ga atau Ag.<sup>5,6,7</sup>

### Hubungan berbagai proses oksidasi pada *interface* dengan ikatan yang terjadi

Seperti yang sudah dijelaskan terdahulu bahwa ikatan me-

tal keramik tergantung dari keadaan *interfacenya*, oleh karena itu untuk meningkatkan ikatan yang terjadipun bisa dilakukan dengan cara memodifikasi perlakuan pada *interface* ini. Salah satu caranya ialah dengan memberikan berbagai perlakuan oksidasi pada *interface* beberapa jenis metal keramik. Ikatan yang terjadi antara metal dengan keramik dapat dilihat dengan cara membandingkan berapa persen keramik yang masih tertinggal pada permukaan *interface* dengan pemberian beban tertentu sesuai dengan jenis tes yang dilakukan. Papazoglou E, Brantley WA, Carr AB dan kawan-kawan<sup>6</sup>, melakukan oksidasi dengan memanaskan logam pada suhu 704°C sampai 1010°C dengan peningkatan 56°C per menit untuk alloy logam Olympia (Au - Pd), Liberty (Pd - Cu) dan Legacy (Pd - Au) sedangkan untuk Spartan Plus (Pd - Cu - Ga) dan Protocol (Pd - Ag) pemanasan dilakukan pada suhu 650°C sampai 1010°C dengan peningkatan 56°C per menit (sesuai petunjuk pabrik). Didapatkan hasil bahwa keramik yang tersisa pada Olympia (90,05%) jauh lebih besar dibandingkan dengan alloy yang lain (Liberty 53,90%, Spartan Plus 45,41%, Protocol 25,84%) sedangkan pada Legacy hanya tersisa 0,87%.<sup>6</sup>

Beberapa tahun kemudian, Papazoglou E dan Brantley WA<sup>7</sup>, melakukan lagi penelitian dengan menggunakan bahan yang sama ditambah dengan beberapa bahan lain. Oksidasi yang dilakukan sesuai dengan anjuran pabrik. Didapatkan hasil bahwa keramik yang tersisa pada Legacy sebanyak 0,0%, Protocol 45,1% Spartan Plus 45,4%, Liberty 60,3%, Olympia 86,3%. Disamping bahan-bahan yang sama juga diteliti bahan-bahan lain yaitu IS 85 (alloy Pd - Ga) 4,8%, Legacy XT (Pd - Ag) 41,5%, Freedom Plus (Pd - Cu) 45,3% dan Super Star (Pd - Ag) 87%.<sup>7</sup>

Pada tahun yang sama, kembali Papazoglou E dan kawan-kawan<sup>5</sup>, melakukan lagi penelitian tetapi dengan melakukan alternatif oksidasi untuk masing-masing bahan (alloy)

dan kemudian dilihat jumlah keramik yang tersisa setelah dilakukan test *flexural biaxial*. Untuk Liberty dan Olympia dilakukan oksidasi dengan pemanasan 650°C sampai 1010°C dengan peningkatan suhu 56°C per menit juga dilakukan *vacuum* dan suhu ini dipertahankan selama 5 menit. Untuk Spartan Plus dan Protocol oksidasi dilakukan pada pemanasan 704°C sampai 1010°C dengan peningkatan suhu 6°C per menit tanpa *vacuum* dan suhu ini dipertahankan selama 5 menit. Freedom Plus dipanaskan dari 704°C sampai 1010°C dengan peningkatan suhu 56°C tanpa *vacuum* dan tanpa penahanan suhu tetapi dilakukan *air-abrasion*. Hasilnya menunjukkan angka penurunan dalam persentase keramik yang masih tertinggal dibandingkan dengan cara yang dianjurkan pabrik, yaitu Liberty 33,2%, Spartan Plus 25,8%, Protocol 19,0% dan Olympia 34,6% kecuali pada Freedom Plus yang menunjukkan peningkatan dibandingkan dengan cara yang dianjurkan pabrik, yaitu 65,3%.<sup>3</sup> Dilihat dari hasil yang didapatkan maka ikatan yang terjadi antara metal dan keramik bila ditinjau dari persentase keramik yang tinggal, untuk semua bahan akan baik bila mengikuti anjuran pabrik kecuali bagi Freedom Plus yang menunjukkan hasil yang lebih baik bila dilakukan alternatif pemanasan.<sup>5</sup>

#### Efek Penggunaan Alloy bekas pakai Pada Ikatan Metal Keramik

Di laboratorium gigi, seringkali digunakan alloy bekas pakai untuk keperluan

pembuatan restorasi metal keramik. Padahal sifat-sifat material seperti sifat fisik, kimia maupun sifat mekanis yang dihasilkannya masih dipertanyakan. Oleh karena itu banyak peneliti melakukan penelitian tentang hal ini. Rasmussen ST dan Doukoudakis AA<sup>8</sup> menggunakan alloy Au-Pd dengan memodifikasi persentase alloy baru (100%, 50%, 25%, 15% dan 0%) dan alloy bekas pakai (0%, 50%, 75%, 85% dan 100%). Ternyata penggunaan alloy bekas pakai 85% atau lebih, menghasilkan ikatan yang kurang baik karena terbentuknya *void* dalam jumlah dan ukuran yang besar pada metal dekat permukaan *interface*. Pada penggunaan alloy bekas sebanyak 75% didapatkan *void* yang jauh lebih sedikit, sedangkan pada penggunaan alloy bekas pakai sebanyak 50% hasilnya masih baik. Sehingga menurut mereka penggunaan alloy bekas pakai pada pembuatan restorasi metal keramik paling banyak 50% untuk mendapatkan ikatan yang diharapkan. Sebenarnya penggunaan 75% alloy bekas pakai masih dapat dilakukan, akan tetapi alloy tersebut harus benar-benar dalam keadaan bersih.<sup>3</sup>

Hong JM, Razzoog ME dan Lang BR<sup>9</sup>, melakukan penelitian tentang efek penggunaan alloy bekas pakai terhadap pembentukan lapisan metal oksida yang pada akhirnya akan menentukan pula ikatan metal keramik. Mereka menggunakan alloy Pd-Ag dengan kandungan lain berupa Sn, Au, Pt, In dan Cu (lebih sedikit) dan membagi dua kelompok menjadi kelompok A (mula-mula menggunakan alloy baru, berikutnya menggunakan alloy bekas pakai seluruhnya, sebanyak 4 kali pengulangan pengecoran) dan kelompok B (mula-mula menggunakan alloy baru, berikutnya menggunakan 50%

alloy bekas pakai dan 50% alloy baru, sebanyak 4 kali pengulangan pengecoran). Hasilnya didapatkan bahwa pada kelompok A terbentuk oksida logam yang tebal, terjadinya *internal* oksidasi yang menimbulkan banyak porositas mikro yang dapat melemahkan ikatan metal keramik. Daerah ini semakin meluas pada hasil pengecoran yang berulang-ulang. Fenomena ini tidak didapatkan pada kelompok B. Konsentrasi Ag pada daerah oksidasi sangat tinggi baik pada kelompok A maupun B. Ag dapat diabsorpsi keramik pada saat temperatur tinggi yang akan menurunkan segi estetika karena menimbulkan pewarnaan pada keramik. Hal ini terjadi baik pada pemakaian alloy bekas pakai seluruhnya (100%) maupun pemakaian alloy bekas yang dikombinasikan dengan 50% alloy baru, pada pengecoran yang berulang.<sup>9</sup>

Jochen DG, Caputo AA dan Matyas J<sup>10</sup>, melakukan penelitian tentang efek penggunaan campuran antara metal baru dengan metal bekas satu kali pakai (*once cast alloy*) atau dengan metal bekas yang tidak diketahui latar belakangnya (*pooled alloy*). Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan campuran antara metal baru dengan 25% dan 50% *once cast alloy* memberikan kekuatan ikatan yang tidak jauh berbeda dengan penggunaan 100% metal baru. Tetapi penggunaan *once cast alloy* lebih dari 50% (75% dan 100%) menunjukkan penurunan yang signifikan terhadap ikatan metal keramik. Sedangkan pada penggunaan campuran antara metal baru dengan *pooled alloy* sebanyak 25% - 100%, menunjukkan hasil penurunan terhadap kekuatan ikatan metal keramik bila dibandingkan dengan kekuatan ikatan memakai 100% metal baru.<sup>10</sup>

Papazoglou E. dan kawan-kawan<sup>5</sup> melakukan penelitian menggunakan logam bekas dua kali dan tiga kali pakai. Hasil yang didapat untuk Freedom Plus adalah 57,7% untuk dua kali pakai dan 65,0% setelah tiga kali pakai sedangkan sebelumnya 45,3%, Liberty 60,2% untuk dua kali

pakai, 61,6% untuk tiga kali pakai sedangkan sebelumnya 60,3%, Spartan Plus 10,2% untuk dua kali pakai, 3,1% untuk tiga kali pakai sedangkan sebelumnya 32,-3%, Protocol 4,3% untuk dua kali pakai, 1,1% untuk tiga kali pakai sedangkan sebelumnya 45,1% dan untuk Olympia 87,0% untuk dua kali pakai, 83,5% untuk tiga kali pakai sedangkan sebelumnya 86,3%. Dari hasil-hasil tadi didapatkan bahwa pada Freedom Plus terdapat peningkatan ikatan baik setelah dua kali maupun tiga kali pakai, pada Liberty tidak mengalami perubahan pada dua kali pakai tetapi mengalami peningkatan ikatan pada penggunaan logam bekas tiga kali pakai, Olympia menunjukkan peningkatan ikatan pada penggunaan logam bekas dua kali pakai dan mengalami penurunan pada penggunaan logam bekas tiga kali pakai. Yang paling menyolok ialah pada hasil yang diperlihatkan oleh Spartan Plus dan Protocol. Pada keduanya memperlihatkan penurunan yang sangat berarti dalam ikatan yang terjadi. Bahkan pada penggunaan logam bekas tiga kali pakai, hampir seluruh keramik terlepas dari interface.<sup>5</sup>

Dari semua hasil yang ditunjukkan dengan penggunaan alloy bekas pakai, ternyata rata-rata menunjukkan penurunan dalam ikatan metal keramik. Pada saat dilakukan pengecoran ulang, elemen-elemen tambahan seperti Zn, In, Sn dan Fe yang sebetulnya dibutuhkan juga keberadaannya untuk menambah ikatan dengan pembentukan metal oksidanya telah hilang sehingga metal oksida yang diharapkan terbentuk sudah tidak terbentuk

lagi. Sedangkan pada logam-logam yang menunjukkan hasil peningkatan ikatan pada saat digunakan alloy bekas pakai, kemungkinannya ialah masih terdapatnya elemen metal oksida pada interface yang memungkinkan keramik mempunyai ikatan yang kuat dengan metalnya.<sup>5,8,9,10</sup>

### Efek Arah *Finishing* dan *Sandblasting* Metal terhadap ikatan metal keramik

Persiapan yang dilakukan terhadap logam sebelum keramik diaplikasikan, akan menentukan ikatan antara logam dan keramik. Ketidakteraturan permukaan seperti sudut yang tajam, pit dan lubang yang kecil bisa menjadi suatu *stress konsentrasi* yang selanjutnya akan menurunkan ketahanan terhadap fraktur keramik. Pit dan lubang kecil sebenarnya dapat dihilangkan dengan cara penyelesaian yang benar sebab pit dan lubang kecil tadi bisa mengandung udara yang terjebak dan bahan-bahan kontaminan yang kemudian dapat menyebabkan porositas pada keramik. Salah satu faktor dalam cara penyelesaian logam untuk menghilangkan pit dan lubang kecil tadi ialah arah penyelesaian yang dilakukan. Beberapa peneliti menyarankan untuk melakukan penyelesaian dalam satu arah untuk mendapatkan permukaan yang diharapkan.<sup>2</sup>

Hofstede TM dan kawan-kawan<sup>11</sup>, melakukan penelitian tentang efek arah penyelesaian terhadap ikatan metal keramik pada logam dengan merek dagang Protocol (Pd 75,2%, Ag 6,5%, Au 6,0%, In 6,0%, Ga 6,0%, Ru dan Li kurang dari 1,0%) yang sebagian dipadukan dengan perlakuan *sandblasting*.

Hasil penelitian yang diperoleh selain berupa besarnya hasil uji *flexural* juga banyaknya dan ukuran *porositas* yang terjadi pada *interface* metal keramik yang dapat menentukan ikatan antara metal dan keramik. Dari penelitiannya diperoleh hasil bahwa arah penyelesaian metal baik satu arah maupun dua arah yang dipadukan dengan perlakuan *sandblasting* tidak mempengaruhi hasil uji *flexural* (pada satu arah hasilnya  $5,08 \pm 0,77$  Kg, dua arah hasilnya  $5,03 \pm 0,58$  Kg). Jumlah dan ukuran *porositas* pada *interface* metal keramik yang terjadi pada kedua kelompok inipun tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Tetapi pada kelompok yang tidak diberikan perlakuan *sandblasting* (hanya arah penyelesaian saja yang dilakukan), hasil uji *flexural*nya lebih rendah bila dibandingkan dengan kelompok sebelumnya (pada satu arah hasilnya  $2,26 \pm 0,95$  Kg, pada dua arah hasilnya  $1,81 \pm 0,81$  Kg). Tentang jumlah dan ukuran *porositas* pada *interface* tidak dapat diamati karena pola kegagalan yang terjadi ternyata *adhesive failure* (terlepasnya seluruh keramik dari metal). Berbeda dengan kelompok sebelumnya yang mempunyai pola kegagalan berupa campuran antara *adhesive* dan kohesif. Dari penelitian ini dapat dilihat bahwa arah penyelesaian (baik satu arah ataupun dua arah) tidak secara signifikan berpengaruh terhadap pembentukan porus (baik jumlah maupun ukurannya) pada *interface* metal keramik. Akan tetapi perlakuan *sandblasting* cukup memberikan efek terhadap hasil uji *flexural*, artinya dengan pemberian perlakuan *sandblasting* dapat meningkatkan ikatan pada metal keramik.<sup>11</sup>

Fischer J.<sup>12</sup>, pada penelitiannya tentang efek *sandblasting* menemukan hasil bahwa efek *sandblasting* optimum bila menggunakan alumina dengan ukuran maksimal  $50\mu\text{m}$  karena dengan peningkatan ukuran alumina tidak berefek lebih meningkatkan ikatan metal keramik. Bahkan menurut penelitiannya didapatkan hasil bahwa tindakan *sandblasting* ter-

nyata tidak secara signifikan meningkatkan ikatan metal keramik artinya memberikan peningkatan tetapi tidak banyak.<sup>12</sup>

### Efek Perlakuan pada Unit Metal Keramik terhadap Ikatan yang terjadi

Perlakuan yang diberikan tidak hanya dilakukan pada *interface* antara metal dan keramik tetapi juga pada unit metal keramik. Petridis H dan kawan-kawan<sup>13</sup> melakukan penelitian dengan merendam unit metal keramik dalam larutan NaCl 0,9% pada temperatur 37°C selama 10 hari yang dilanjutkan dengan pemberian perlakuan *thermocycling*. Hasil uji berupa *shear bond test* menunjukkan kekuatan sebesar 22,91 MPa dari sebelumnya sebesar 29,66 MPa. Secara statistika hal ini menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan.<sup>13</sup>

Papazoglou E dan kawan-kawan<sup>5</sup>, melakukan perendaman unit metal keramik dalam saliva buatan selama 2 minggu, tetapi hasilnya menunjukkan tidak adanya penurunan yang signifikan terhadap ikatan metal keramik. Hal ini dapat dibandingkan dari hasil banyaknya keramik yang tersisa pada *interface* saat dilakukan test yaitu untuk Freedom Plus 46,0%, Liberty 59,4%, Spartan Plus 31,6%, Protocol 44,9% dan Olympia 87,3%. Sedangkan sebelum dilakukan perendaman hasilnya yaitu 45,3% untuk Freedom Plus, 60,3% untuk Liberty, 32,3% untuk Spartan Plus, 45,1% untuk Protocol dan 86,3% untuk Olympia.<sup>5</sup> Fischer J<sup>12</sup>, juga

melakukan penelitian dengan memberikan perlakuan pada unit metal keramik yaitu dengan merendamnya dalam larutan sodium choride dan asam laktat. Hasilnya menunjukkan adanya penurunan dalam ikatan metal keramik sampai kurang lebih 35%. Akan tetapi nilai ini dicapai hanya dalam perendaman selama dua hari untuk alloy Au-Pt-Pd, sedangkan untuk alloy Au-Ti memerlukan lebih lama lagi yaitu selama 35 hari.<sup>12</sup>

### Ringkasan dan Kesimpulan

Dari hasil penguraian tentang ikatan metal keramik dengan berbagai faktor yang dapat mempengaruhinya dapat dirangkum bahwa pada sebagian besar alloy yang dipakai, perlakuan oksidasi yang sesuai dengan anjuran pabrik menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan oksidasi alternatif. Penggunaan alloy bekas pakai secara umum dapat menurunkan ikatan metal keramik. Penggunaan maksimal 50% alloy bekas pakai masih dapat mentoleransi ikatan yang terjadi. Arah penyelesaian metal sebelum pengaplikasian keramik (satu arah maupun dua arah) tidak mempengaruhi ikatan metal keramik. Perlakuan *sandblasting* dapat meningkatkan kekasaran permukaan logam tetapi tidak secara signifikan meningkatkan ikatan metal keramik. Ukuran maksimal alumina yang dianjurkan untuk perlakuan *sandblasting* ialah 50 µm, karena dengan ukuran lebih dari itu tidak meningkatkan ikatan metal keramik. Lingkungan yang lembab dapat menurunkan ikatan metal keramik, kecuali pada perendaman yang dilakukan dalam saliva yang tidak

menunjukkan penurunan yang berarti.

### Daftar Pustaka

1. Craig RG. *Restorative Dental Materials*. St Louis, Missouri : Mosby - Year Book, Inc. 1997 : 485 - 96.
2. Naylor WP. *Introduction to Metal Ceramic Technology*. Chicago : Quintessence Publishing Co. Inc. 1992: 17 - 30, 99-100
3. Craig RG, O'Brien WJ dan Powers JM *Dental Materials*. St. Louis, Missouri : Mosby-Year Book Inc. 1996 : 271- 5.
4. Cai Z dan Watanabe ZC. Mitchell, J.C., et al. X-ray diffraction characterization of dental gold alloy - ceramics interfaces. *J Mat Sci : Material in Medicine* 2001; 12 : 215 - 23.
5. Papazoglou E, Brantley WA dan Johnston WM. Effect of dental laboratory processing variables and in vitro testing medium on the porcelain adherence of high - palladium casting alloys. *J Prost Dent* 1998; 79: 514-19.
6. Papazoglou E, Brantley WA, Carr AB et al. Porcelain adherence to high - palladium alloys. *J Prost Dent* 1993; 70 : 386 - 94.
7. Papazoglou E dan Brantley WA. Porcelain adherence vs force to failure for palladium - galium alloys. : A critique of metal ceramic bond testing. *J Dent Mater* 1998; 59 : 420 - 5.
8. Rasmussen ST dan Doukoudakis A. The effect of using recast metal on the bond between porcelain and a gold-palladium alloy. *J Pros. Den.* 1986 ; 55 : 447 - 52.
9. Hong JM, Razzoog ME dan Lang BR. The effect of recasting on the oxidation layer of a palladium - silver porcelain alloy. *J Prost Dent* 1988 ; 59: 420 - 5.
10. Jochen DG, Caputo AA dan Matyas J. Reuse of silver - palladium ceramic metal. *J Prosth. Dent* 1991; 65 : 588 - 91.
11. Hofstede TM, Ercoli C, Graser GN et al. Influence of metal surface finishing on porcelain porosity and beam failure loads at the metal-ceramic interface. *J Prost. Dent.* 2000 ; 84 : 309 -17.
12. Fischer J. Ceramic bonding to a dental gold-titanium alloy. *Biomat.* 2002 ; 23 : 1303 - 11.
13. Petridis H, Hirayama H, Kugel G et al. Shear bond strength of techniques for bonding esthetic veneers to metal. *J Prost Dent* 1999 ; 82 : 608 - 13.