

## Pengaruh Komposisi *Glass Fiber* Non Dental dan Penambahan *Silane* terhadap Kekuatan Geser *Fiber Reinforced Composite* sebagai Retainer Ortodonsi

Dian Noviyanti Agus Imam\*, Siti Sunarintyas\*\*, dan Nuryono\*\*\*

\*Jurusan Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Jawa Tengah, Indonesia

\*\*Bagian Biomaterial, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

\*\*\*Jurusan Kimia, Fakultas Kedokteran Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

\*JI Dr. Soeparno, Purwokerto, Jawa Tengah, Indonesia; e-mail: drg.diannoviyanti@yahoo.com

### ABSTRAK

Retainer dibutuhkan untuk membantu menstabilkan posisi gigi geligi selama proses reorganisasi jaringan periodontal berlangsung. Retainer FRC ortodonsi dikembangkan sebagai alternatif material estetika serta aman bagi pasien alergi terhadap nikel. *E-glass fiber* lebih sering digunakan sebagai retainer ortodonsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh komposisi *glass fiber* non dental dan penambahan *silane* terhadap kekuatan geser FRC sebagai retainer ortodonsi. Subjek penelitian terdiri dari 9 kelompok perlakuan dengan 3 jenis *glass fiber* yang berbeda yaitu *glass fiber* non dental A (LT, Cina), B (C MAX, Cina) dan C (HJ, Cina). Masing-masing *glass fiber* diberi perlakuan yang bervariasi yaitu tanpa penambahan *silane*, penambahan *silane* 1x dan 2x. Subjek penelitian direndam dalam akuades dan disimpan pada suhu 37°C selama 24 jam sebelum dilakukan uji kekuatan geser dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine*. Hasil penelitian dianalisis variansi dua jalur dan *post hoc Tukey* untuk mengetahui perbedaan statistik masing-masing kelompok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *glass fiber* non dental A dengan penambahan 2x *silane* memiliki rerata kekuatan geser tertinggi (12,72±2,02 MPa) sedangkan *glass fiber* non dental B tanpa penambahan *silane* memiliki rerata kekuatan geser terendah (6,96±1,69 MPa). Terdapat perbedaan bermakna antara komposisi *fiber* maupun penambahan *silane* terhadap kekuatan geser FRC ( $p < 0,05$ ). Tidak terdapat perbedaan bermakna pada letak kegagalan FRC ( $p > 0,05$ ). Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa komposisi SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang tinggi pada *glass fiber* non dental serta penambahan *silane* dapat meningkatkan kekuatan geser FRC.

Maj Ked Gi Ind. Juni 2015; 1(1): hal 53 - 58

**Kata kunci:** *fiber reinforced composite, glass fiber, komposisi glass fiber, silane, kekuatan geser*

**ABSTRACT:** *Effect of Non Dental Glass Fiber Composition and Silane Addition on Shear Bond Strength of Fiber Reinforced Composite as Orthodontic Retainer.* Retainers are required to stabilize the position of teeth to permit reorganization of periodontal tissue. FRC orthodontic retainer was developed as an alternative aesthetic material and safe for nickel allergic patients. E-glass fiber is commonly used as an orthodontic retainer. The purpose of this study is to assess the effect of non dental glass fiber composition and silanes addition on the shear bond strength of the FRC as an orthodontic retainer. This study consisted of 9 treatment groups with three different types of non dental glass fiber, namely non dental glass fiber A (LT, China), B (C MAX, China) and C (HJ, China). Each glass fiber was given a variation treatment, without silanes, one time and two times of silanes addition. All the samples were stored in distilled water at 37°C for 24 hours and subsequently tested for shear strength by using Universal Testing Machine. The groups were submitted to two way ANOVA analysis of variance with Tukey post test to verify the statistical difference between groups. The results show that a non dental glass fiber A with two times of silanes addition has the highest shear bond strength (12,72±2,02 MPa), meanwhile a non dental glass fiber B without silane addition has the lowest shear bond strength (6,96±1,69 MPa). There were significant differences between the composition of glass fiber and the addition of silane toward the shear bond strength of FRC ( $p < 0,05$ ). No significant differences in debonded locations of FRC ( $p > 0,05$ ). The results of this study conclude that the composition of high SiO<sub>2</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in non dental glass fiber and silanes addition can increase the shear bond strength FRC.

Maj Ked Gi Ind. Juni 2015; 1(1): hal 53 - 58

**Keywords:** *fiber reinforced composite, glass fiber, glass fiber composition, silanes, shear bond strength*

### PENDAHULUAN

Periode retensi merupakan bagian dari suatu rangkaian perawatan ortodonsi.<sup>1</sup> Alat ortodonsi pasif dibutuhkan pada akhir perawatan ortodonsi untuk membantu mempertahankan dan menstabilkan

posisi gigi geligi selama proses reorganisasi jaringan periodontal berlangsung.<sup>2</sup>

Retainer cekat biasa dipakai pada kasus yang membutuhkan retensi berkepanjangan dan permanen.<sup>1</sup> Generasi pertama retainer cekat

adalah kawat *stainless steel* bulat dengan diameter 0,3-0,32 *inch*. Pada tahun 1983 Zachrisson mengenalkan retainer cekat tipe spiral dengan diameter 0,0195-0,0215 *inch*.<sup>3</sup>

Komposisi utama kawat *stainless steel* adalah 0,15% besi, 8-20% kromium dan 8-12% nikel.<sup>4</sup> Faktor-faktor kimiawi dan mekanis lingkungan rongga mulut berpotensi menyebabkan nikel terlepas dari alat ortodonti.<sup>5</sup> Terlepasnya nikel dari alat ortodonti dapat memicu reaksi hipersensitivitas tipe IV atau dermatitis kontak alergi. Kondisi tersebut lebih sering dijumpai pada wanita dengan insidensi mencapai 11%, sedangkan pada pria 2%. Diperkirakan, terdapat 0,1-0,2% kejadian respon berbahaya terhadap nikel pada pasien pengguna alat ortodonti.<sup>6</sup> Salah satu kekurangan retainer kawat *stainless steel* adalah tidak dapat digunakan oleh pasien yang alergi terhadap nikel,<sup>7</sup> oleh sebab itu dikembangkan retainer *fiber reinforced composites* (FRC) sebagai alternatif material estetika serta aman bagi pasien yang alergi terhadap nikel.<sup>8</sup>

*Fiber reinforced composite* (FRC) merupakan campuran antara matriks polimer yang diperkuat oleh sejumlah *fiber* yang sangat kecil.<sup>9</sup> E-*glass fiber* sering digunakan sebagai retainer cekat ortodonti.<sup>10</sup> Kelebihan E-*glass fiber* antara lain: biokompatibilitas baik, memiliki kekuatan kompresi dan estetika yang baik<sup>11</sup> serta aman bagi pasien alergi nikel.<sup>12</sup>

Komposisi E-*glass fiber* dental terdiri dari 54% SiO<sub>2</sub>, 14% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 22% CaO + MgO, 10% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan kurang dari 2% Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O.<sup>11</sup> SiO<sub>2</sub> merupakan komponen utama *glass fiber*<sup>13</sup> dan mampu berikatan baik dengan matriks.<sup>14</sup> Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ditambahkan untuk memodifikasi struktur jaringan dan meningkatkan kemampuan kerja *glass fiber*.<sup>13</sup>

Terdapat *glass fiber* non dental yang digunakan secara umum pada dunia teknik. Pemeriksaan komposisi *glass fiber* non dental dengan teknik *X-Ray Fluorescence Spectrometer* (XRF) menunjukkan bahwa beberapa *glass fiber* non dental yang tersedia di Indonesia seperti *fiberglass mats* (LT, China), *fiberglass roving* (CMAX, China) dan *woven roving* (HJ, China) memiliki komposisi yang hampir sama dengan E-*glass fiber* dental. Material ini tersedia dalam pasokan yang banyak dan murah.<sup>14</sup> Berdasarkan hal tersebut, timbul pemikiran

kemungkinan *glass fiber* non dental dapat dijadikan alternatif dalam konstruksi FRC dental.

Sifat mekanis FRC dapat dipengaruhi oleh komposisi *fiber* dan adhesi *fiber* dengan matriks polimer.<sup>9</sup> Variasi komposisi *glass fiber* memegang peranan penting dalam adhesi dan retensi.<sup>15</sup> Adhesi *glass fiber* dan matriks polimer dapat ditingkatkan dengan menggunakan *silane coupling agent*.<sup>11</sup>

*Silane* berfungsi untuk meningkatkan ikatan antara dua material yang tidak sama. *Silane* membentuk ikatan *siloxane* (Si-O-Si) dengan gugus hidroksil pada permukaan *glass fiber*. Gugus organofungsional *silane* akan bereaksi dengan gugus fungsional pada matriks polimer sehingga kekuatan pelekatan antara *glass fiber* dan matriks polimer meningkat.<sup>16</sup> Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh komposisi *glass fiber* non dental dan penambahan *silane* terhadap kekuatan geser FRC.

## METODE PENELITIAN

Subjek penelitian terdiri dari 9 kelompok perlakuan menggunakan 3 jenis *glass fiber* non dental yang berbeda yaitu *glass fiber* non dental A (LT, Cina), B (CMAX, Cina) dan C (HJ, Cina). *Fiber* diukur sepanjang 3 mm dengan berat 0,0008 g untuk masing-masing subjek penelitian. *Fiber* yang akan digunakan disimpan dahulu di dalam *dessicator* selama 24 jam.

Tiga puluh enam gigi premolar rahang atas bebas karies direndam dalam akuabides pada suhu kamar selama 24 jam. Mahkota gigi dipotong sebatas CEJ, ditanam dalam resin akrilik kuring dingin berukuran 15 x 15 x 15 mm. Sebelum ditanam, gigi dibersihkan dari kalkulus dan jaringan lunak yang masih menempel. Permukaan gigi yang akan diberi perlakuan didatarkan dengan menggunakan kertas karbida abrasif P600 di bawah air mengalir hingga penempatan cetakan FRC berukuran 3,2 x 2,2 x 1,5 mm tidak terdapat celah. *Ethical clearance* untuk penelitian ini diperoleh dari Komisi Etik Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Gadjah Mada.

Permukaan email gigi dipolish menggunakan air dan pasta pumice bebas fluor, lalu gigi dietsa menggunakan asam fosfat 37% selama 30 detik kemudian dibilas dengan air dan dikeringkan.

Bahan bonding diaplikasikan pada permukaan bukal gigi dan disinari selama 20 detik. Cetakan FRC diletakkan pada permukaan gigi, diikuti dengan meletakkan *flowable composite* setebal 0,5 mm. Pada kelompok perlakuan tanpa silane, glass fiber non dental diletakkan langsung pada *flowable composite* lalu lapis kembali dengan *flowable composite* setebal cetakan, dan disinari selama 40 detik. Pada kelompok perlakuan penambahan *silane*, *silane* ditambahkan terlebih dahulu pada fiber sebanyak 1x dan 2x sebelum diletakkan pada *flowable composite*.

Subjek penelitian direndam dalam akuades steril dan disimpan dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam sebelum dilakukan uji kekuatan geser dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (ISO 11405: 2003). Uji *Adhesive Remnant Index* (ARI) dilakukan melalui pengamatan di bawah mikroskop makro. Data yang diperoleh selanjutnya ditabulasi dan dianalisis menggunakan uji statistik.

### HASIL PENELITIAN

Rerata kekuatan geser FRC dengan komposisi dan penambahan *silane* yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai rerata kekuatan geser tertinggi terdapat kelompok *glass fiber* non dental A dengan penambahan *silane* sebanyak dua

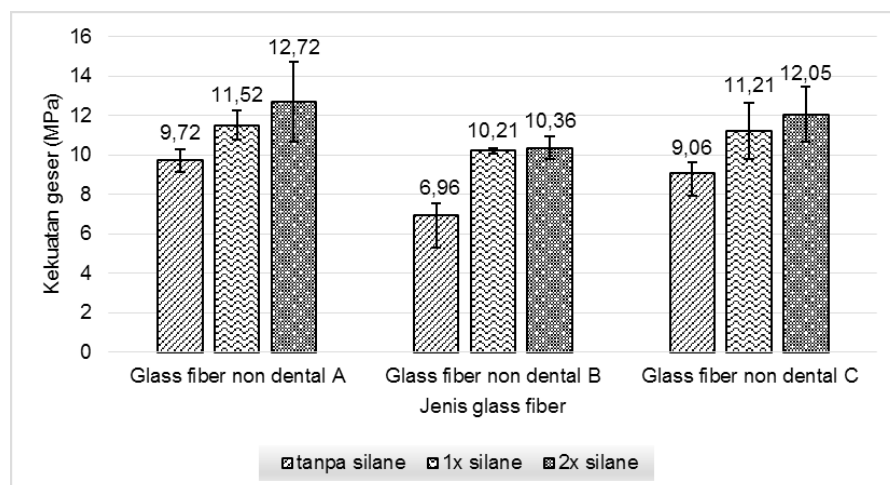
kali (12,72±2,02 MPa), sedangkan nilai terendah terdapat pada kelompok *glass fiber* non dental B tanpa penambahan *silane* (6,96±1,69 MPa).

Hasil analisis variansi dua jalur menunjukkan perbedaan bermakna ( $p < 0,05$ ) antara komposisi *fiber* maupun penambahan *silane* terhadap kekuatan geser FRC. Hal ini berarti komposisi *fiber* maupun penambahan *silane* berpengaruh bermakna terhadap kekuatan geser FRC.

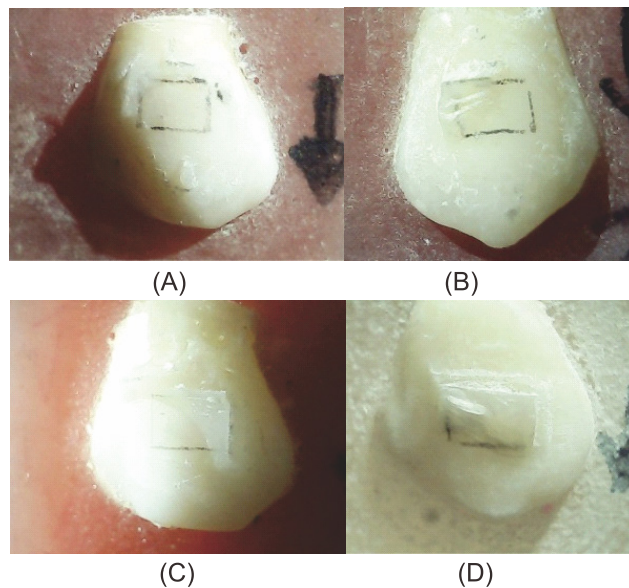
Hasil analisis post hoc Tukey kekuatan geser FRC *glass fiber* non dental dengan variabel pengaruh komposisi *fiber* menunjukkan bahwa *glass fiber* non dental B dengan *glass fiber* non dental A dan C terdapat perbedaan yang bermakna, sedangkan *glass fiber* non dental A dengan C tidak terdapat perbedaan yang bermakna.

Hasil analisis post hoc Tukey kekuatan geser FRC *glass fiber* non dental dengan variabel pengaruh penambahan *silane* menunjukkan bahwa kelompok *glass fiber* tanpa *silane* berbeda bermakna dengan kelompok satu kali *silane* dan dua kali *silane*. Sementara kelompok antara kelompok satu kali *silane* dan dua kali *silane* tidak terdapat perbedaan yang bermakna.

Uji ARI dilakukan setelah uji kekuatan geser. Hasil uji Kruskal untuk menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang bermakna pada letak kegagalan pelekatan FRC ( $p > 0,05$ ).



**Gambar 1.** Rerata kekuatan geser FRC (dalam satuan MPa) dengan komposisi *fiber* dan penambahan *silane* yang berbeda.



**Gambar 2.** (A) Nilai ARI: 0; FRC *glass fiber* non dental B tanpa *silane*  
(B) Nilai ARI: 1; FRC *glass fiber* non dental B dua kali *silane*  
(C) Nilai ARI: 2; FRC *glass fiber* non dental A dua kali *silane*  
(D) Nilai ARI: 3; FRC *glass fiber* non dental C dua kali *silane*

## PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi *fiber* dan penambahan *silane* berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kekuatan geser FRC. Sifat mekanis *glass fiber* reinforced composite dipengaruhi oleh komposisi *fiber* dan adhesi antara *fiber* dengan matriks polimer.<sup>9</sup> Adhesi *glass fiber* dan matriks polimer dapat ditingkatkan dengan menggunakan *silane* coupling agent.<sup>16</sup>

Perbedaan rerata *glass fiber* non dental kemungkinan terjadi karena adanya perbedaan persentase jumlah komponen penyusun material. Pemeriksaan komposisi *glass fiber* non dental menggunakan XRF menunjukkan bahwa *glass fiber* non dental B memiliki kandungan SiO<sub>2</sub> terendah (52,56%) dibandingkan dengan *glass fiber* non dental A (56,88%) dan C (55,86%).<sup>14</sup>

SiO<sub>2</sub> merupakan komponen utama serta kerangka dasar dalam pembentukan *glass fiber*.<sup>17</sup> SiO<sub>2</sub> yang rendah akan mempengaruhi struktur *glass fiber*.<sup>18</sup> SiO<sub>2</sub> merupakan oksida yang mampu berikatan baik dengan matriks polimer.<sup>19</sup>

Terdapat perbedaan kekuatan geser FRC yang bermakna antara *fiber* tanpa penambahan *silane* dengan *fiber* satu kali *silane* dan dua kali *silane*,

sedangkan *glass fiber* non dental satu kali *silane* dengan dua kali *silane* tidak terdapat perbedaan yang bermakna. *Glass fiber* non dental tanpa *silane* memiliki rerata kekuatan geser FRC terendah (6,69-9,72 MPa) dibandingkan dengan kelompok *fiber* satu kali *silane* (10,21-11,52 Mpa) dan dua kali *silane* (10,36-12,72 MPa). Hal ini kemungkinan disebabkan karena rendahnya energi permukaan *glass fiber* non dental tanpa penambahan *silane*.

*Glass fiber* yang belum diberikan surface treatment memiliki energi permukaan yang rendah.<sup>20</sup> Rendahnya energi permukaan mengakibatkan kemampuan adhesi material tersebut menjadi rendah.<sup>16</sup> *Glass fiber* tanpa penambahan *silane* juga dapat berperan sebagai titik awal keretakan FRC karena interaksinya yang buruk dengan matriks polimer.<sup>21</sup> Keretakan pada FRC dapat memicu masuknya air sehingga menurunkan kekuatan geser FRC.<sup>9</sup>

Penambahan *silane* dapat meningkatkan kekuatan pelekatan FRC.<sup>21</sup> Hal ini dapat dilihat dari rerata kekuatan geser FRC kelompok satu kali *silane* (10,21-11,52 MPa) dan kelompok dua kali *silane* (10,36-12,72 MPa). *Silane* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3-MPS. *Silane* berperan sebagai jembatan yang menghubungkan material

organik dan anorganik. Bahan ini akan membentuk ikatan siloxane dengan gugus hidroksil permukaan *glass fiber*. Gugus organofungsional *silane* akan bereaksi dengan gugus fungsional pada matriks polimer sehingga kekuatan pelekatan antara *glass fiber* dan matriks polimer meningkat.<sup>16</sup>

Variasi komposisi *glass fiber* yang berbeda-beda dapat mempengaruhi kekuatan pelekatan antara *glass fiber* dan matriks polimer. Komposisi kimia *glass fiber* pada bagian permukaan dan dalam material berbeda.<sup>16</sup> Permukaan *glass fiber* banyak mengandung  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .<sup>22</sup> Pada silanisasi *glass fiber*, gugus silanol reaktif *silane* akan berkondensasi dengan  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  membentuk produk kondensasi yang stabil serta membentuk produk kondensasi yang lemah dengan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .<sup>23</sup> *Glass fiber* non dental A memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$  (56,88%) dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (5,56%) tertinggi.<sup>17</sup> Kekuatan pelekatan FRC tergantung pada banyaknya ikatan terbentuk dan besar kekuatan ikatan antar permukaan yang terbentuk.<sup>22</sup>

Lokasi kegagalan pelekatan pada uji kekuatan geser FRC telah diamati menggunakan mikroskop makro dan diperoleh nilai  $p > 0,05$  maka tidak ada perbedaan yang bermakna. Lokasi kegagalan pelekatan pada uji kekuatan geser pada seluruh kelompok bervariasi.

Kekuatan pelekatan material ortodonsi pada permukaan gigi secara klinis dikatakan baik jika mampu menahan kekuatan geser sebesar 6-8 MPa.<sup>24</sup> Nilai ini dianggap mampu menahan gaya pengunyahan.<sup>25</sup> Rerata kekuatan geser pada penelitian ini adalah 6,96-12,75 MPa. *Glass fiber* non dental dalam penelitian ini kemungkinan dapat digunakan sebagai alternatif konstruksi FRC dental.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Komposisi  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang tinggi pada *glass fiber* non dental dapat meningkatkan kekuatan geser FRC.
- 2) Penambahan *silane* pada *glass fiber* non dental yang belum di-*silane* dapat meningkatkan kekuatan geser FRC.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Williams JK, Cook PA, Isaacson KG, Thom AR. Alat-alat ortodonsi cekat prinsip dan praktik. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC; 2012. H. 146-149.
2. Singh G, Textbook of orthodontics, Ed 2, New Delhi: Unipress, 2007. H. 421-422.
3. Salehi P, Najafi HZ, Roeinpelkar SM. Comparison of survival time between two types of orthodontic fixed retainer: a prospective randomized clinical trial. [www.progressinorthodontics.com](http://www.progressinorthodontics.com). diunduh pada 08/08/2014.
4. Brantley WA, Eliades T. Orthodontic materials scientific and clinical aspects. New York: Thieme; 2001. H. 37-38.
5. Milhiero A, Kleverlaan C, Muris J, Feilzer A, Pallav P. Nickel release from orthodontic retention wires—the action of mechanical loading and pH. *Dent Mater*. 2012; 28: 548-633.
6. Noble J, Ahing SI, Karaikos, NE, Wiltshire, WA. Nickel allergy and orthodontics: a review and report of two cases. *British Dental Journal*. 2008; 204 (6): 297-300.
7. Tacken MPE, Cosy J, Wilde PD, Aerts J, Govaerts E, Vannet BV. Glass fiber reinforced versus multistranded bonded orthodontic retainers: a 2 years prospective multi-centre study. *EJO*. 2010; 32: 117-23.
8. Geserick M, Ball J, Wichelhaus A, Bonding fiber-reinforced lingual retainers with color-reactivating flowable composite. [www.jco-online.com](http://www.jco-online.com). diunduh pada 03/11/2013.
9. Khan AS, Azam MT, Khan M, Mian SA, Rehman IU. An update on glass fiber dental restorative composite: a systematic review. *MSE*. 2015; 47: 26-39.
10. Obukuro M, Takahashi Y, Shimizu H., Effect of diameter of glass fibers on flexural properties of fiber-reinforced composites. *Dent Mater J*. 2008; 27(4): 541-48.
11. Zhang, M, Matinlinna, JP. E-glass fiber reinforced composites in dental application. Springer. 2012; 4:73-78.

12. Karaman A, Kir N, Belli S. Four application of reinforced polyethylene fiber material in orthodontic practice. *AJODO*. 2002; 121: 650-54.
13. Mallick PK. Fiber reinforced composite: materials, manufacturing and design, Ed 2, New York: CRC Press; 2008. H. 60.
14. Sari WP, Sumantri D, Imam DNA, Sunarintyas S. Pemeriksaan komposisi glass fiber komersial dengan teknik x-ray fluorescence spectrometer (XRF). *Jurnal B-Dent*. 2014; 1(2): 155-59.
15. Vallitu PK. Glass Fibers in fibers-reinforced composite. dalam Matinlinna JP. *Handbook of Oral Biomaterials*. USA: Pan Stanford Publishing; 2014. H. 263-264.
16. Lung CYK, Matinlinna, JP. Surface pretreatment methods and silanization, dalam Matinlinna JP. *Handbook of Oral Biomaterials*. USA : Pan Stanford Publishing; 2014. H. 359-361.
17. Wang RM, Zheng SR, Zheng YP. *Polymer matrix composite and technology*. St. Louis: Elsevier; 2011. H. 33.
18. Zhang Y, Cao G, Zhang B, Zhang L, Xing W, Gu G. Glass fiber composition. *Patent CA 2745050 A1*; 2010.
19. Kogel JE, Trivedi N, Barker JM, Krukowski ST. *Industrial minerals & rock-commodities, markets and ses*. Ed 7. America: SME Inc; 2006. H. 1369-1374.
20. Mowade TK, Dange SP, Thakre MB, Kamble VD. Effect of fiber reinforcement on impact strength of heat polymerized polymethyl methacrylate denture base resin: in vitro study and SEM analysis. *J Adv Prosthodont*. 2012. 4: 30-36.
21. Fonseca RB, Favarao IN, Kasuya AVB, Abrao M, Luz NFM, Navez LZ. Influence of glass fiber Wt% and silanization on mechanical flexural strength of reinforced acrylic. *J of Mat Sci and Chem*. 2014. 2: 11-15.
22. Kim JK, Mai YW. *Engineered interfaces in fiber reinforced composite*. Tokyo: Elsevier; 2006. H. 14-17.
23. Gelest Inc. Silane coupling agents: connecting across boundaries. [www.gelest.com/goods/pdf/couplingagents.pdf](http://www.gelest.com/goods/pdf/couplingagents.pdf), diunduh pada 08/10/2014.
24. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Angelis MD, Scribante A, Kiersy C. Effect of water and saliva contamination on shear bond strength of brackets bonded with conventional, hydrolic and self etching primers. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2003; 123:633-40.
25. Raju PS, Gupta A, Garg J, Bhattacharya P, Agarwal DK, Agarwal A. Evaluation of the shear bond strength of fiber-reinforced composite using different adhesive systems. *Journal of Dr.NTR University of Health Sciences*. 2012. 1(4): 249-52.