

---

## PENGARUH KOMPOSISI BEBERAPA *GLASS FIBER NON DENTAL* TERHADAP KEKUATAN FLEKSURAL *FIBER REINFORCED COMPOSITES*

**Widya Puspita Sari<sup>\*</sup>, Siti Sunarintyas<sup>\*\*</sup>, Nuryono<sup>\*\*\*</sup>**

<sup>\*</sup>Program Studi S2 Ilmu Kedokteran Gigi, FKG Universitas Gadjah Mada

<sup>\*\*</sup>Bagian Biomaterial, FKG Universitas Gadjah Mada

<sup>\*\*\*</sup>Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada

---

### KATA KUNCI

*Glass fiber non dental*,  
komposisi fiber,  
kekuatan fleksural

---

### ABSTRAK

*E-glass fiber* merupakan *fiber reinforcement* yang sering digunakan di kedokteran gigi karena berikatan baik dengan polimer melalui *silane coupling agent*, meningkatkan kekuatan mekanis dan tidak sensitif terhadap kelembaban. Ketersediaan *E-glass fiber dental* di Indonesia terbatas dengan harga relatif mahal. *Glass fiber non dental* banyak tersedia di Indonesia dengan harga terjangkau, yang biasa digunakan pada pembuatan panel *gypsum* dan komponen otomotif. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh komposisi *glass fiber non dental* terhadap kekuatan fleksural *fiber reinforced composites*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *E-glass fiber dental* (Fibersplint, Polydentia SA, Switzerland), *glass fiber non dental* A (LT, China), B (CMAX, China) dan C (HJ, China), *flowable composite* (CharmFil Flow, Denkist, Korea) dan *silane coupling agent* (Monobond S, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein). Subjek dibagi dalam 5 kelompok: tanpa *fiber*, *E-glass fiber dental*, *glass fiber non dental* A, B dan C. Uji kekuatan fleksural berdasarkan ISO 10477. Hasil yang diperoleh dianalisis menggunakan ANAVA satu jalur. Hasil penelitian menunjukkan rerata kekuatan fleksural (MPa) terendah pada kelompok tanpa *fiber* ( $126,18 \pm 5,21$ ) dan tertinggi pada kelompok *glass fiber non dental* A ( $208,03 \pm 8,32$ ). Hasil ANAVA satu jalur menunjukkan pengaruh bermakna dari komposisi *fiber* terhadap kekuatan fleksural ( $< 0,05$ ). Kesimpulan penelitian: Kandungan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan alkali tanah oksida (MgO dan CaO) yang tinggi pada *glass fiber* meningkatkan kekuatan fleksural dari *fiber reinforced composites*.

---

### PENDAHULUAN

Gigi tiruan lepasan (GTS) digunakan sebagai salah satu rencana perawatan untuk menggantikan gigi yang hilang<sup>1</sup>. Evaluasi pemakaian GTS ternyata menyebabkan beberapa masalah antara lain kurang estetis, kurang efisien untuk mastikasi, kurang nyaman dan kesulitan dalam fungsi bicara<sup>2</sup>. Pembuatan gigi tiruan cekat (GTC) konvensional dapat menjadi pilihan mengatasi kekurangan GTS dengan efisiensi

mastikasi lebih baik, kenyamanan dan menambah kepercayaan diri karena lebih estetis<sup>3</sup>.

Restorasi GTC berbahan logam-porselen atau porselen total memiliki beberapa faktor yang membatasi pemilihan dan indikasinya diantaranya faktor ekonomi, oklusi gigi yang tidak normal dan kurang kuatnya tulang alveolar pendukung<sup>4</sup>. Penggunaan *fiber reinforced composites* (FRC) pada GTC dapat menjadi alternatif memperbaiki

kekurangan GTC konvensional<sup>5</sup> karena minimal invasif, estetik yang memuaskan dan mempunyai sifat adhesif yang baik sehingga mampu berikatan dengan gigi penyangga<sup>6</sup>.

*E-glass fiber* merupakan *fiber reinforcement* yang sering digunakan di kedokteran gigi karena biokompatibilitas dan estetik baik<sup>7</sup>, berikatan baik dengan polimer melalui *silane coupling agent*<sup>8</sup>, meningkatkan kekuatan mekanis dan tidak sensitif terhadap kelembaban. Komposisi komponen penyusun *E-glass fiber* terdiri dari SiO<sub>2</sub> 54 wt%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 14 wt%, CaO + MgO 22 wt%, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 10 wt%, Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O kurang dari 2 wt%<sup>9</sup>. Ketersediaan *E-glass fiber dental* di Indonesia terbatas dengan harga relatif mahal. *Glass fiber non dental* banyak tersedia di Indonesia dengan harga terjangkau.

*Glass Fiber non dental* biasa digunakan di dunia teknik sebagai penguat pada pembuatan panel gypsum, patung dan komponen otomotif<sup>10,11</sup>. Komposisi *glass fiber non dental* dengan uji XRF menunjukkan bahwa sebagian besar komposisinya hampir sama dengan *E-glass fiber* yang biasa digunakan di kedokteran gigi, meskipun ada beberapa komponen penyusun yang berbeda<sup>12</sup>.

Salah satu sifat mekanis yang dibutuhkan dalam aplikasi FRC pada GTC posterior adalah kekuatan fleksural, yang merupakan gabungan dari kekuatan tekan, tarik dan geser<sup>13</sup>. Perbedaan beberapa komponen penyusun dan konsentrasi komponen dari

*glass fiber non dental* dapat mempengaruhi kekuatan fleksural dari FRC<sup>14</sup>. Penelitian Li dkk. (2012) menunjukkan hasil bahwa *glass fiber* modulus tinggi dengan MgO, CaO ditambah Li<sub>2</sub>O yang terkontrol dapat menjaga kesesuaian sifat mekanisnya dengan modulus elastis dan kekuatan yang lebih tinggi dari *E-glass* tradisional<sup>15</sup>.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh komposisi *glass fiber non dental* terhadap kekuatan fleksural *fiber reinforced composites*.

---

## METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *E-glass fiber dental* (Fiber-splint, Polydentia SA, Switzerland), *glass fiber non dental* A dengan diameter sekitar 7 mm (LT, China), B dengan diameter sekitar 9 mm (CMAX, China) dan C dengan diameter sekitar 6,5 mm (HJ, China) (Tabel 1), *flowable composite* (CharmFil Flow, Denkist, Korea) dan *silane coupling agent* (Monobond S, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein). Sampel terdiri dari 5 kelompok, terbagi atas kelompok : tanpa *fiber*, *E-glass dental*, *glass fiber non dental* A, *glass fiber non dental* B dan *glass fiber non dental* C dengan masing-masing kelompok terdiri dari 4 sampel.

**Tabel 1.** Komposisi glass fiber non dental (Sari dkk., 2014)

No	Komponen	Glass fiber non dental A	Glass fiber non dental B	Glass fiber non dental C
1	SiO <sub>2</sub>	56,88	52,56	55,86
2	CaO	16,24	10,03	18,71
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,56	2,45	5,51
4	Na <sub>2</sub> O	12,91	-	18,71
5	MgO	4,86	0,11	5,11
6	K <sub>2</sub> O	0,56	5,75	0,32

Sampel dibuat menggunakan cetakan balok berukuran 25mm x 2mm x 2mm menurut ISO 10477:2004<sup>16</sup>. Fiber dipotong sepanjang 24 mm dan ditimbang 6,3 mg menggunakan neraca digital elektronik ketelitian 0,01 mg (Mettler toledo, Switzerland) dan disimpan di *desiccator* selama 24 jam. Selanjutnya cetakan diberi penanda pada tinggi 0,5 mm untuk peletakan resin dan fiber, lalu diletakkan di atas glass plate. Untuk kelompok tanpa fiber, flowable composite diinjeksikan hingga penuh, sedangkan kelompok dengan fiber diinjeksikan sampai batas penanda. Glass fiber diberi silane dengan cara glass fiber diletakkan di atas glass plate lalu silane diambil dengan mikropipet sebanyak 7,5 µl kemudian diteteskan diatas glass fiber (semua permukaan fiber harus terbasahi silane). Selanjutnya didiamkan selama 1 menit dan dikeringkan selama 1 menit menggunakan pengering elektrik. Glass fiber yang telah disilanisasi dimasukkan ke dalam cetakan dan flowable composite diinjeksikan kembali hingga seluruh permukaan fiber tertutup

resin dan cetakan terisi penuh. Permukaan FRC ditutup celluloid strip kemudian disinari dengan LED light curing (LED, Woodpacker, China) yang dibagi menjadi 4 bagian dan masing-masing 40 detik dengan jarak 2 mm. Setelah penyinaran selesai sampel dikeluarkan dari cetakan dan dipolis dengan kertas abrasive (360 grit). Semua sampel direndam dalam air suling (aquades) pada suhu 37°C selama 24 jam sebelum diuji.

### Uji kekuatan fleksural

Uji kekuatan fleksural *three point bending test* berdasarkan ISO 10477 : 2004 dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (Tokyo Testing Machine, Japan). Sampel diletakkan pada papan penyangga dengan jarak tumpuan 20 mm (L), kemudian sampel dibebani tepat di tengahnya sampai fraktur dan pada layar muncul nilai (P) yang merupakan tekanan maksimal yang dapat diterima oleh sampel. Selanjutnya data dimasukkan ke dalam rumus  $\sigma = (3P.L) / 2bd^2$ , dimana P adalah beban maksimal yang diberikan sebelum benda patah (N), L adalah jarak antara kedua penyangga (20mm), b adalah lebar sampel (mm) dan d adalah tebal sampel yang diuji (mm).

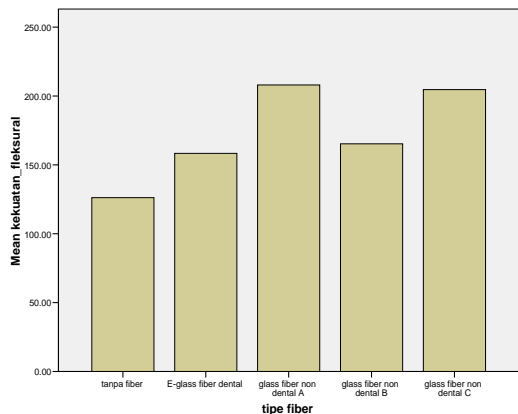
### Analisis Statistik

Data kekuatan fleksural dari sampel yang telah diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan ANAVA satu jalur yang sebelumnya dilakukan uji normalitas dengan *Shapiro-Wilk* karena sampel kurang dari 50.

Selanjutnya data dianalisis menggunakan *Tukey* untuk melihat besarnya perbedaan rerata antar masing-masing kelompok.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Rerata kekuatan fleksural secara umum menunjukkan kecenderungan peningkatan pada semua kelompok dengan variabel komposisi *fiber* dengan rerata kekuatan fleksural (MPa) terendah pada kelompok tanpa *fiber* (126,18±5,21) dan tertinggi pada kelompok *glass fiber non dental A* (208,03±8,32). Kelompok *glass fiber non dental A*, B dan C memiliki kekuatan fleksural lebih tinggi dibandingkan *E-glass fiber dental*.



Gambar 1. Rerata kekuatan fleksural (MPa) dari *fiber reinforced composite*

Hasil ANAVA satu jalur untuk kekuatan fleksural menunjukkan nilai signifikansi < 0,05. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa variabel komposisi *fiber* memiliki pengaruh bermakna terhadap kekuatan fleksural. Hasil analisis *Post Hoc Tukey* menunjukkan perbedaan bermakna (p

0,05) kecuali antara kelompok *glass fiber non dental A* dengan C.

Tabel 2. Rangkuman uji *Tukey* variabel komposisi *glass fiber non dental* terhadap kekuatan fleksural

	<i>glass fiber non dental A</i>	<i>glass fiber non dental B</i>	<i>glass fiber non dental C</i>
<i>Glass fiber non dental A</i>		42,75*	3,37
<i>Glass fiber non dental B</i>	42,75*		39,37*
<i>Glass fiber non dental C</i>	3,37	39,37*	

Rerata kekuatan fleksural menunjukkan hasil bahwa kelompok sampel yang diberi *fiber* memiliki rerata lebih tinggi dibandingkan kelompok tanpa *fiber*. Hal ini disebabkan karena *fiber* yang dikombinasi dengan matriks resin berfungsi sebagai *reinforced* yang secara signifikan dapat meningkatkan kekuatan, di antaranya kekuatan fleksural dan ketahanan *fatigue* dari material resin komposit<sup>17</sup>. Menurut Duymus dkk (2014), kekuatan fleksural yang tinggi ditemukan pada resin dengan penguat *fiber* (442 MPa) sedangkan kekuatan fleksural yang rendah ditemukan pada resin tanpa penguat *fiber* (70,5 MPa)<sup>18</sup>.

Peran *fiber* dalam meningkatkan kekuatan fleksural tidak terlepas dari adhesi yang kuat antara *glass fiber* dengan matriks polimer yang dihasilkan dari *silane coupling agent*<sup>19</sup>. Rantai siloksan terbentuk dari reaksi kondensasi antara kelompok silanol dengan permukaan *glass fiber*, sedangkan hubungan antara *bonding agent* dengan matriks polimer dibentuk dari rekasi co-polimerisasi<sup>20</sup>. *Glass fiber* yang telah disilanisasi energi

permukaannya meningkat sehingga menghasilkan impregnasi yang baik dengan matriks. Hal ini secara signifikan menghasilkan kekuatan fleksural yang lebih baik<sup>17</sup>.

Berbagai kandungan logam oksida dalam konsentrasi tertentu dapat mempengaruhi karakteristik mekanis<sup>21</sup>. Perbedaan konsentrasi memberikan kekuatan yang berbeda. Kandungan SiO<sub>2</sub> merupakan oksida utama pembentuk kerangka *glass fiber*<sup>22</sup> dengan konsentrasi yang tinggi di dalam komposisi dibandingkan oksida lain, sehingga menjadi kerangka dari struktur *glass fiber* dan mampu berikatan baik dengan matriks<sup>23</sup>. Kandungan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memodifikasi struktur jaringan SiO<sub>2</sub> sehingga meningkatkan kekuatan mekanis<sup>24</sup>. Komponen lain seperti MgO berfungsi sebagai stabilizer yang dapat meningkatkan ketahanan kimia dan modulus elastis<sup>23</sup>, sedangkan CaO dapat meningkatkan ketahanan<sup>25</sup>. Li dkk. (2012) menyatakan bahwa *glass fiber* modulus tinggi dengan MgO dan CaO yang terkontrol dapat menjaga kesesuaian sifat mekanisnya serta dapat meningkatkan modulus dan kekuatan<sup>15</sup>. Analisis *Post Hoc Tukey* untuk kekuatan fleksural menunjukkan ada perbedaan tidak bermakna antara *glass fiber non dental A* dengan C. Hal ini kemungkinan disebabkan karena *glass fiber non dental A* memiliki komponen penyusun yang sama dengan C dengan perbedaan konsentrasi yang kecil, terutama kandungan SiO<sub>2</sub> sebagai kerangka

utama penyusun *glass fiber* yang paling mempengaruhi kekuatan masing-masing 56,88% dan 55,86%. Kandungan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> masing-masing 5,56% dan 5,51%. Kandungan CaO dan MgO masing-masing untuk *glass fiber non dental A* 16,24% dan 4,86% dan untuk *glass fiber non dental C* 18,71% dan 5,11%<sup>12</sup>.

Selain itu terdapat perbedaan bermakna antara *glass fiber non dental A* dan C dengan B. Hal ini diduga disebabkan karena *glass fiber non dental B* memiliki komponen penyusun yang sedikit berbeda dan konsentrasi yang berbeda pada masing-masing komponen dibandingkan A dan C terutama yang mempengaruhi kekuatan. *Glass fiber non dental B* memiliki kandungan SiO<sub>2</sub> sekitar 52,56%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hanya sekitar 2,45%, MgO sekitar 0,11% dan hanya memiliki kandungan CaO sekitar 10,03%. Meskipun *glass fiber non dental B* memiliki ZrO<sub>2</sub> yang cukup tinggi 14,64%<sup>12</sup>. Dapat disimpulkan bahwa kekuatan fleksural dari *glass fiber non dental B* lebih rendah dibandingkan dengan *glass fiber non dental A* dan C.

Pada penelitian ini menunjukkan hasil kekuatan fleksural antara 126,18 – 208,03 MPa. *Glass fiber non dental* memiliki kekuatan fleksural lebih tinggi dari *E-glass fiber dental*, sehingga *glass fiber non dental* kemungkinan dapat menjadi alternatif dalam pembuatan *fiber reinforced composites* di kedokteran gigi ditinjau dari aspek mekanis khususnya kekuatan fleksural.

Penelitian lain dibutuhkan agar *glass fiber non dental* dapat digunakan dalam aplikasi klinis. Penelitian lain yang diperlukan seperti uji biokompatibilitas secara invitro, invivo dan klinis. Selain itu susunan geometri dari *fiber* merupakan faktor penting yang mempengaruhi efektifitas sifat dari FRC dengan karakteristik fraksi volume, aspek rasio *fiber*, parameter jarak *fiber* dan orientasi *fiber*<sup>26</sup>. *Impregnasi fiber* dibutuhkan untuk meningkatkan kekuatan dan memudahkan dalam aplikasi klinis<sup>20</sup>.

---

## SIMPULAN

Komposisi *fiber* memiliki pengaruh bermakna terhadap kekuatan fleksural. Kandungan SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan alkali tanah oksida (MgO dan CaO) yang tinggi pada *glass fiber* meningkatkan kekuatan fleksural dari *fiber reinforced composites*. *Glass fiber non dental A* memiliki kekuatan fleksural yang lebih tinggi dibandingkan kelompok lain.

---

## DAFTAR PUSTAKA

1. Rodan, R., Al-Jabrah, O., dan Ajarmah, M., 2012, Adverse Effects of Removable Partial Dentures on Periodontal Status and Oral Health of Partially Edentulous Patients. *Journal of The Royal Medical Services*. 19(3) : 54-58.
2. Sadaf, A., Yazdanie, N., dan Ibrahim, A., 2012, Evaluation of Oral Function after Removable Partial Denture Therapy. *Pakistan Oral & Dental Journal*. 32(3) : 561-563.
3. Chafaie, A., dan Portier, R., 2004, Anterior Fiber-Reinforced Composite Resin Bridge : A Case Report. *Pediatric Dentistry*. 26(6) : 530-534.
4. Piovesan E.M., Demarco F.F., dan Piva E., 2006, Fiber-Reinforced Fixed Partial Dentures : A Preliminary Retrospective Clinical Study. *J. App Oral Sci*. 14(2) : 100-4.
5. Cenci, M.S., Rodolpho, P.A., Pereira-Cenci, T., Del Bel Cury, A.A., dan Demarco, F.F., 2010, Fixed Partial Dentures in an Up to 8-Year Follow Up. *J.App. Oral Sci*. 18(4) : 364-71.
6. Sinkiewicz, D., 2013, Bridging The Gap Between Porcelain and Fibre-Reinforced Composite Bridges. *Dental Tribune*. 16-18.
7. Alla, R.K., Sajjan, S., Alluri, V.R., Ginjupalli, K., dan Upadhyaya, N., 2013, Influence of Fiber Reinforcement on The Properties of Denture Base Resins. *J of Biomat and Nanobiotech*. 4 : 91-97.
8. Raszewski, Z., dan Nowakowska, D., 2013, Mechanical Properties of Hot Curing Acrylic Resin after Reinforced with Different Kinds Of Fibers. *Int. J. of Biomed. Mat Research*. 1(1) : 9-13.
9. Zhang, M., dan Matinlinna, J.P., 2012, E-Glass Fiber Reinforced Composites in Dental Applications. *Silicon*. 1-5.
10. Stromberg., 2012, Glass Fiber Reinforced Gypsum. <http://www.strombergarchitectural.com/materials/gfrg>. diunduh 16 April 2015.
11. Johnson, T., 2015, Uses of Fiberglass. <http://composite.about.com/od/aboutglass/a/Uses-Of-Fiberglass.htm>. diunduh 16 April 2015.
12. Sari, W.P., Sumantri, D., Imam, D. N. A., dan Sunarintyas, S., 2014, Pemeriksaan Komposisi *Glass Fiber* Komersial dengan Teknik *X-Ray Fluoresence Spectrometer* (XRF). *J. B-Dent*. Vol 1 (2) : 151-160.
13. Junior, A.A., Lopes, M.W., Gaspar, G.S., dan Braz, R., 2009, Comparative Study of Flexural Strength and Elasticity Modulus in Two Types of Direct Fiber-Reinforced Systems. *Braz. Oral Res*. 23(3) : 236-40.
14. Juloski, J., Beloica, M., Goracci, C., Chieffi, N., Giovannetti, A., Vichi, A., Vulicevic, Z.R., dan Ferrari, M., 2012, Shear Bond Strength to Enamel and Flexural Strength of Different Fiber-Reinforced Composites. *J.Adhes. Dent*. 14(10) : 1-8.
15. Li, H., Meng, J., dan Richards, C.A., 2012, Alkaline Earth Aluminosilicate Glass : Route to High Modulus Fiber Reinforced Composites. *Int. Fiber Glass Symposia*. 1-7.
16. ISO 10477., 2004, *Dentistry – Polymer-Based Crown and Bridge Materials*. 2<sup>nd</sup> ed.

- International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland
17. Fonseca, R.B., Favarao, I.N., Kasuya, A.V.B., Abrao, M., Luz, N.F.M., dan Naves, L.Z., 2014, Influence of Glass Fiber Wt% And Silanization on Mechanical Flexural Strength of Reinforced Acrylics. *J. of MaT.Sci and Chem. Eng.* 2 ; 11-15.
  18. Duymus, Z. Y., Karaalioglu, F. O., Suleyman, F., 2014, Flexural Strength of Provisional Crown and Fixed Partial Denture Resins both with and without Reinforced Fiber. *J of Mat. Sci. and Nanotech.* 1(3) : 1-4.
  19. Wang, R., Zheng, S., dan Zheng, G., 2011, *Polymer Matrix Composites and Technology*. Elsevier : St.Louis, Missouri. 33-44.
  20. Loncar, A., Vojvodic, D., Jerolimov, V., Komar, D., dan Zabarovic, D., 2008, Fiber Reinforced Polymers Part II: Effect on Mechanical Properties. *Acta Stomatologica Croatica.* 42(1) : 49-63.
  21. AGC., 2014, All about Glass, <http://www.yourglass.com/agc-glass-europe/gb/en/toolbox/pocket/2/All-about-glass.pdf> .diunduh tanggal 9 November 2014.
  22. Zhang, Y., Cao, G., Zhang, B., Zhang, L., Xing, W., dan Gu, G., 2010, Glass Fiber Composition. *Paten CA 2745050 A1.* 1-6
  23. Kogel, J.E., Trivedi, N., Barker, J.M., dan Krukowski, S.T., 2006, *Industrial Minerals & Rock-Commodities, Markets and Uses.* 7<sup>th</sup>ed. Society for mining, metallurgy and exploration Inc. 1369-1374.
  24. Mallick, P.K., 2008, *Fiber Reinforced Composites. Materials, Manufacturing and Desain.* 3<sup>th</sup> ed CRC Press : Franc.
  25. Rapp, C. F., dan Mattson, S. M., 2001, Glass Fiber Composition. *Paten EP 1027298 A4.* 1-6.
  26. Goroushi, S.K., Lassila, L.V.J., dan Vallittu, P.K., 2000, Short Fiber Reinforced Composite: The Effect of Fiber Length and Volume Fraction. *The J Contemporary Dent. Pract.* 7(5) : 1-10.