

## PEMERIKSAAN KOMPOSISI GLASS FIBER KOMERSIAL DENGAN TEKNIK X-RAY FLUORESCENCE SPECTROMETER (XRF)

Widya Puspita Sari\*, Dedi Sumantri\*, Dian Noviyanti Agus Imam\*,  
Siti Sunarintyas\*\*

\*Mahasiswa Program Studi S2 Ilmu Kedokteran Gigi, FKG Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

\*\*Bagian Biomaterial, FKG Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

### KATA KUNCI

Komposisi FRC, Glass fiber, Tipe fiber, XRF

### ABSTRAK

*Glass fiber* lebih sering digunakan daripada *polyethylene fiber* sebagai komponen FRC dalam dunia kedokteran gigi. *Glass fiber* dental di Indonesia tersedia dalam jumlah terbatas dan memiliki harga yang relatif mahal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memeriksa komposisi dari *E-glass fiber* dental dan *glass fiber* non dental menggunakan teknik XRF sehingga dapat ditentukan tipe dari masing-masing *glass fiber* non dental. Sampel terdiri dari 10 g *E-glass fiber* dental, 10 g *fiberglass mats*, 10 g *fiberglass roving* dan 10 g *woven roving*. Masing-masing sampel dihaluskan, selanjutnya dianalisa dengan menggunakan *X-Ray Fluorescence Spectrometer* (XRF). Hasil analisa XRF sampel menunjukkan kandungan oksida terbesar pada *E-glass fiber* dental adalah SiO<sub>2</sub> (45,47%), CaO (38,49%) dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (12,11%). Kandungan oksida terbesar pada *fiberglass mats* adalah SiO<sub>2</sub> (56,88%), CaO (16,24%) dan Na<sub>2</sub>O (12,91%) demikian pula dengan *woven roving* yaitu SiO<sub>2</sub> (55,86%), CaO (18,71%) dan Na<sub>2</sub>O (11,80%). Sedangkan *fiberglass roving* menunjukkan kandungan oksida terbesar antara lain SiO<sub>2</sub> (52,56%), ZrO<sub>2</sub> (14,64%) dan CaO (10,03%). Hal tersebut menunjukkan bahwa komposisi kandungan oksida pada sampel memiliki kemiripan dengan persentase yang berbeda. Berdasarkan pada analisis XRF disimpulkan bahwa *glass fiber* non dental jenis *fiberglass mats* dan *woven roving* mengarah ke tipe *C-glass* dan *fiberglass roving* mengarah ke tipe *AR-glass*.

### PENDAHULUAN

*Fiber Reinforced Composites* (FRC) merupakan material bebas logam yang sedang berkembang di kedokteran gigi dengan nilai estetika dan adesif cukup baik<sup>1</sup>. FRC mulai digunakan dalam dunia kedokteran gigi sejak tahun 1960<sup>2</sup>. Kombinasi matriks polimer dan *fiber* memberikan manfaat yang signifikan terhadap kekuatan mekanis. Material ini dapat diaplikasi secara langsung di dalam rongga mulut dan mampu berikatan baik

dengan struktur gigi<sup>3</sup>. FRC telah diaplikasikan pada basis gigi tiruan lepasan, gigi tiruan cekat, splint periodontal, retainer ortodonsi cekat dan restorasi gigi<sup>4,5</sup>.

*Fiber* yang biasa digunakan dalam dunia kedokteran gigi adalah *polyethylene fiber*<sup>6</sup> dan *glass fiber*<sup>7</sup>. *Polyethylene fiber* digunakan karena memiliki beberapa keunggulan, diantaranya: biokompatibilitas baik, penggunaannya mudah dan tekniknya cepat tanpa proses laboratorium<sup>8</sup>, translusen sehingga estetikanya baik<sup>3</sup>, mudah diadaptasikan pada kontur gigi serta

memiliki fleksibilitas yang tinggi<sup>6</sup>. Kekurangan *polyethylene fiber* antara lain: kurang praktis karena membutuhkan proses pengetsaan, persiapan dan penempatan lapisan *fiber*<sup>9</sup>, sifat *wetting* yang buruk dan sulit berikatan dengan matriks polimer karena energi permukaan rendah<sup>10</sup> serta mudah menyerap air karena plasma *treatment*<sup>1</sup>. *Glass fiber* lebih sering digunakan daripada *polyethylene fiber*<sup>11</sup>. Hal ini karena *glass fiber* berikatan baik dengan matriks polimer melalui *silane coupling agent*<sup>7</sup>, mudah dimanipulasi<sup>12</sup>, memiliki ketahanan terhadap panas dan zat kimia serta relatif tidak sensitif terhadap kelembapan<sup>7</sup>.

*Glass fiber* terdiri dari berbagai macam tipe antara lain: *A-glass*, *C-glass*, *D-glass*, *E-glass*, *AR-glass*, *R-glass* dan *S2-glass*<sup>13</sup>. *Fiber* tipe *E-glass* digunakan lebih dari 90% dari semua tipe *glass fiber*<sup>14</sup>. Di Indonesia *glass fiber* dental tersedia dalam jumlah terbatas dan memiliki harga yang relatif mahal. Namun demikian, di Indonesia tersedia *glass fiber* non dental dalam jumlah besar dan harga relatif murah.

Pada umumnya, *glass fiber* non dental biasa digunakan sebagai penguat dalam pembuatan panel gipsum, patung, komponen otomotif, industri pesawat terbang, kapal, militer, infrastruktur dan konstruksi bangunan, dekorasi rumah, perabot rumah tangga, peralatan olah raga serta elektronik<sup>7,15</sup>. Sejauh ini belum terdapat jurnal mengenai tipe dan komposisi *glass fiber* non dental yang digunakan di Indonesia.

Komposisi *fiber* merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi sifat mekanis serta berperan penting pada stabilitas kimia *fiber* dalam mencegah penyerapan air<sup>1,16</sup>. Metode analisis dengan *X-ray Fluorescence Spectrometer* (XRF) merupakan metode yang paling umum digunakan karena prosedur persiapan sampel sederhana, waktu analisis relatif cepat, kestabilan mesin baik<sup>17</sup>, hasil akurat dan cukup ekonomis<sup>18</sup>. XRF merupakan salah satu teknik analisis terbaik dalam menentukan berbagai komposisi kimia dari berbagai jenis material seperti logam, kaca, keramik, bahan bangunan, untuk penelitian geokimia, ilmu forensik dan arkeologi<sup>18,19</sup>.

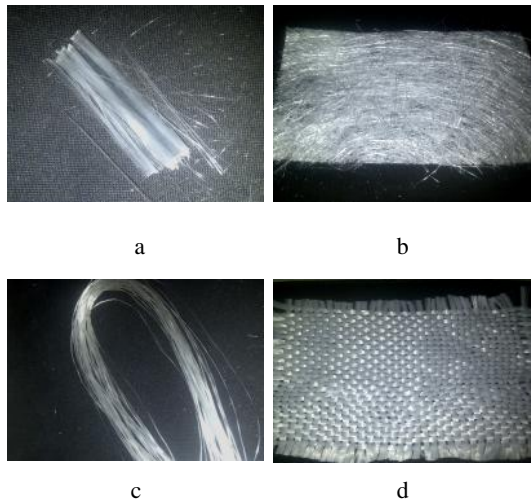
Penelitian ini bertujuan untuk memeriksa komposisi *E-glass fiber* dental dan *glass fiber* non dental menggunakan teknik XRF sehingga dapat ditentukan tipe masing-masing *glass fiber* non dental. Diharapkan *glass fiber* non dental dapat dijadikan material alternatif dalam konstruksi FRC di kedokteran gigi.

---

## METODE PENELITIAN

Bahan penelitian yang digunakan sebagai sampel adalah *E-glass fiber* dental (Stick Tech Ltd, Turku, Finland), *glass fiber* non dental jenis *fiberglass mats* (LT, China), *fiberglass roving* (C-MAX, China) dan *woven roving* (HJ, China) (Gambar 1). Sampel ditumbuk hingga halus lalu diayak agar ukuran sampel homogen. Masing-masing sampel ditimbang seberat 10 gram.

Kemudian dimasukkan kedalam tabung sampel sebanyak  $\pm$  ketinggian tabung dan ditekan hingga permukaannya rata. Analisis sampel dilakukan dengan menggunakan perangkat pengujian XRF Spectrometry (S2 RANGER, Germany) (Gambar 2).



Gambar 1. a) *E-glass fiber dental*, b) *fiberglass mats*, c) *fiberglass roving* dan d) *woven roving*



Gambar 2. Pemeriksaan sampel dengan XRF Spectrometry

Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan karakteristik sinar-X yang terjadi dari peristiwa efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena elektron dalam atom target (sampel) terkena berkas berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar-X). Bila energi sinar tersebut lebih tinggi dari pada energi ikat elektron dalam orbit K, L, atau M atom

target, maka elektron atom target akan keluar dari orbitnya. Dengan demikian atom target akan mengalami kekosongan elektron. Kekosongan elektron ini akan diisi oleh elektron dari orbital yang lebih luar diikuti pelepasan energi yang berupa sinar-X<sup>20</sup>.

Sinar-X yang dihasilkan merupakan gabungan spektrum sinambung dan spektrum berenergi tertentu (*discreet*) yang berasal bahan sasaran yang tertumbuk elektron. Jenis spektrum *discreet* yang terjadi tergantung pada perpindahan elektron yang terjadi dalam atom bahan. Spektrum ini dikenal dengan spektrum sinar-X karakteristik. Spektrometri XRF memanfaatkan sinar-X yang dipancarkan oleh bahan yang selanjutnya ditangkap detektor untuk dianalisis kandungan unsur dalam bahan. Bahan yang dianalisis dapat berupa padat massif, pelet, maupun serbuk. Analisis unsur dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif menganalisis jenis unsur yang terkandung dalam bahan dan analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan konsentrasi unsur dalam bahan. Sinar-X yang dihasilkan dari peristiwa seperti peristiwa tersebut diatas ditangkap oleh detektor semi konduktor Silikon Litium (SiLi)<sup>20</sup>. Analisis XRF *glass fiber* dilakukan di Laboratorium MIPA Terpadu Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta Jawa Tengah.

---

## HASIL

### Hasil X-ray Fluorescence (XRF)

Hasil XRF *glass fiber* pada penelitian ini tersaji dalam Tabel 2. Pengolahan data menggunakan *software* yang tersedia pada alat XRF menunjukkan hasil bahwa kandungan oksida terbesar pada *glass fiber* dental adalah SiO<sub>2</sub> (45,47%), CaO (38,49%) dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (12,11%). Kandungan oksida terbesar pada *fiberglass mats* adalah SiO<sub>2</sub> (56,88%), CaO (16,24%) dan Na<sub>2</sub>O (12,91%) demikian juga dengan *woven roving* yaitu SiO<sub>2</sub> (55,86%), CaO (18,71%) dan Na<sub>2</sub>O (11,80%). Sedangkan *fiberglass roving* menunjukkan kandungan oksida terbesar antara lain SiO<sub>2</sub> (52,56%), ZrO<sub>2</sub> (14,64%) dan CaO (10,03%).

---

## PEMBAHASAN

Hasil karakterisasi XRF menunjukkan bahwa keseluruhan *glass fiber* memiliki kandungan oksida yang hampir sama dengan persentase dan beberapa unsur yang sedikit berbeda (Tabel 1). *A-glass fiber* memiliki ciri utama kandungan alkali yang tinggi, *C-glass fiber* dengan CaO, Na<sub>2</sub>O yang tinggi dan dengan atau tanpa B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, *D-glass fiber* dengan kandungan B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang tinggi, *E-glass fiber* dengan ciri utama memiliki Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO dan dengan atau tanpa B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, *AR-glass fiber* dengan ciri utama memiliki kandungan ZrO<sub>2</sub>, *R-glass fiber* dengan kandungan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> lebih tinggi dari *E-glass fiber* dan CaO yang cukup tinggi namun tanpa kandungan MgO

sedangkan *S-2 glass fiber* memiliki ciri utama dengan kandungan MgO yang tinggi dibandingkan tipe yang lain.

Komposisi *fiber* merupakan salah satu penentu penguatan *fiber* pada matriks polimernya selain orientasi dan distribusi *fiber*<sup>7</sup>. Variasi komposisi *glass fiber* memegang peranan penting dalam adhesi dan retensi<sup>16</sup>. Variasi sifat dan komposisi yang berbeda-beda dari suatu material dapat mempengaruhi kekuatan perlekatan dan tipe kegagalan antara *glass fiber* dan matriks polimer<sup>21</sup>. Ketahanan kimiawi *glass fiber* terhadap korosi berkaitan dengan komposisi, keadaan permukaan *glass fiber*, jumlah dan jenis pelarut, suhu dan waktu<sup>16</sup>.

Silika oksida memiliki konsentrasi yang tinggi dalam komposisi dibandingkan oksida lain sehingga menjadi kerangka dari struktur *glass fiber* dan mampu berikatan baik dengan matriks<sup>22</sup>. CaO merupakan stabilisator yang dapat meningkatkan kekuatan serta ketahanan kimiawinya<sup>22,23</sup>, namun dalam persentase yang tinggi dapat menyebabkan ketahanan yang buruk terhadap asam<sup>16</sup>. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ditambahkan untuk memodifikasi struktur jaringan dan meningkatkan kemampuan kerja *glass fiber*<sup>24</sup>. Oksida ini mampu meningkatkan ketahanan kimiawi *glass fiber*<sup>22</sup>.

Komponen Na<sub>2</sub>O dan K<sub>2</sub>O merupakan alkali oksida yang ditambahkan dalam struktur *glass fiber* dalam jumlah kecil dapat memberikan ketahanan terhadap korosi yang lebih baik terhadap air<sup>24</sup>. Penambahan ion

Na<sup>+</sup> dapat memberikan resistensi yang lebih baik terhadap kekuatan kompresi dan K<sup>+</sup> berperan pada peningkatan kekerasan mikro<sup>23</sup>. Pada *glass fiber* tipe *E-glass* dengan B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memiliki modulus elastis yang lebih rendah dari tanpa B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan tanpa B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> lebih ramah

lingkungan. Kandungan ZrO<sub>2</sub> yang ditambahkan dalam struktur *glass fiber* dapat meningkatkan ketahanan terhadap asam<sup>25</sup> serta memberikan efek positif terhadap kekuatan<sup>23</sup>.

Tabel 1. Hasil XRF *glass fiber*

Komponen oksida	<i>E-Glass fiber dental</i>	<i>Glass fiber non dental</i>		
		<i>Glass fiber Mats</i>	<i>Glass fiber Roving</i>	<i>Woven roving</i>
SiO <sub>2</sub>	45,47	56,88	52,56	55,86
CaO	38,49	16,24	10,03	18,71
Na <sub>2</sub> O	-	12,91	-	11,80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,11	5,56	2,45	5,51
MgO	-	4,86	0,11	5,11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,04	0,67	1,73	0,41
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,62	0,64	-	0,62
Cl	0,51	0,59	0,69	0,55
SO <sub>3</sub>	0,43	0,64	0,70	0,70
K <sub>2</sub> O	0,94	0,56	5,75	0,32
TiO <sub>2</sub>	-	0,18	8,64	0,19
CeO <sub>2</sub>	-	0,13	0,29	0,10
ZrO <sub>2</sub>	-	0,03	14,64	0,04
SrO	0,18	0,03	0,05	-
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,05	0,02	0,02	0,02
MnO	0,03	0,02	0,23	0,02
Rb <sub>2</sub> O	0,02	-	-	-
CuO	0,02	-	0,14	-
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	-	0,09	-
ZnO	0,01	-	0,06	-
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	0,63	-
BaO	-	-	0,27	-
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	0,20	-
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	0,11	-
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	0,09	-
WO <sub>3</sub>	-	-	0,08	-
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	0,08	-
NiO	-	-	0,06	-
CoO	-	-	0,05	-
PbO	-	-	0,05	-
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	0,05	-
MoO <sub>3</sub>	-	-	0,05	-
SeO <sub>2</sub>	-	-	0,04	-
SnO <sub>2</sub>	-	-	0,03	-

## SIMPULAN

Hasil pemeriksaan dengan XRF untuk *E-glass fiber dental* dan *glass fiber non dental*

menunjukkan bahwa material tersebut memiliki kemiripan dengan persentase yang berbeda. Berdasarkan pemeriksaan komposisi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa *glass fiber non dental fiberglass mats* dan *woven roving* mengarah ke *glass fiber* tipe *C-glass* serta *fiberglass roving* mengarah ke tipe *AR-glass*. Penelitian mengenai pengaruh perbedaan komposisi *glass fiber non dental* terhadap sifat mekanis, fisis, dan biokompatibilitas FRC dibutuhkan sebelum material ini diaplikasikan sebagai material alternatif konstruksi FRC dalam dunia kedokteran gigi.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Tuloglu N, Bayrak S, Tunc ES. Different clinical applications of bondable reinforcement ribbond in pediatric dentistry. *Eur J of Dent.* 2009; 9 : 329-333.
2. Juloski J, Beloica M, Goracci C, Chieffi N, Giovannetti A, Vichi A, Vulicevic ZR, Ferrari M. Shear bond strength to enamel and flexural strength of different fiber-reinforced composites. *J Adhes Dent.* 2012; 14(10) : 1-8.
3. Mohan S, Gurtu A, Singhal A, Guha C. Fibre reinforced composite- a review and case report. *J of Dent Sci & Oral Rehab.* 2012; 45-47.
4. Abdulmajeed AA, Narhi TO, Vallitu PK, dan Lassila LV. The effect of high fiber fraction on some mechanical properties of unidirectional glass fiber-reinforced composite. *J Dent Mat.* 2011; 27 : 313-321.

5. Khan AS, Azam MT, Khan M, Mian SA, Rehman IU. An update on glass fiber dental restorative composite : a systematic review. *Mat Sci & Eng C*. 2014; 47 : 26-39.
6. Agrawal M, Practitioner P, Vadodara. Application of ultra high molecular weight polyethylene fibres in dentistry : a review article. *J of Adv Med & Dent Sci Res*. 2014; 2(2) : 95-98.
7. Zhang M, Matinlinna, JP. E-glass fiber reinforced composites in dental applications. *Silicon*. 2012; 1-5.
8. Karaman A, Kir N, Belli S. Four application of reinforced polyethylene fiber material in orthodontic practice, *AJO-DO*, 2002; 121: 650-654.
9. Alla RK, Sajjan S, Alluri VR, Ginjupalli K, Upadhya N. Influence of fiber reinforcement on the properties of denture base resins. *J of Biomat & Nanobiotech*. 2013; 4 : 91-97.
10. Zhu D, Wang Y, Zhang X, Cheng S. Interfacial bond property of uhmwpe composite. *Polym. Bull*. 2010; 65 : 35-44.
11. Scibante A, Sfondrini, MF, Brogini S, D'Alloco M, Gandini P. Clinical Study Efficacy Of Esthetic Retainers : Clinical Comparison Between Multi stranded Wires and Direct-Bond Glass Fiber-Reinforced Composite Splints, *Int J of Dent*. 2011; 1-5.
12. Raszewski Z, Nowakowska D. Mechanical properties of hot curing acrylic resin after reinforced with different kinds of fibers. *Int. J. of Biomed Mat Res*. 2013; 1(1) : 9-13.
13. AGY. High strength glass fiber. [http://www.agy.com/wp-content/uploads/2014/03/High\\_Strength\\_Glass\\_Fibers-Technical.pdf](http://www.agy.com/wp-content/uploads/2014/03/High_Strength_Glass_Fibers-Technical.pdf). 2014. diunduh pada 21 Februari 2015
14. Wallenberger FT, Watson JC, Hong Li. Glass fibers. *ASM Int*. 2001; 21: 27-30.
15. Kinsella M, Murray D, Crane D, Mancinelli J, Kranjc M. Mechanical properties of polymeric composites reinforced with high strength glass fiber, <http://www.agy.com>. 2014. diunduh pada 17 Oktober 2014.
16. Vallitu PK. Glass fiber in fiber-reinforced composites dalam Matinlinna JP. *Handbook of Oral Biomaterials*. Singapore : Pan Stanford publishing. 2014; 255-270.
17. Yamasaki T. XRF major element analyses of silicate rocks using 1:10 dilution ratio glass bead and a synthetically extended calibration curve method. *Bul of the Geo Surv of Jap*. 2014; 65(7/8) : 97-103.
18. Omatola KM, Onojah AD. Elemental analysis of rice husk ash using x-ray fluorescence technique. *Int Jof Phy Sci*. 2009; 4(4) : 189-193.
19. Phillips, K., X-Ray Fluorescence Spectroscopy (XRF) Fast And Precise Inorganic Solid Analysis. <http://www.innovationservices.philips.com/sites/default/files/materials-analysis-xrf.pdf> diunduh pada 17 Februari 2015.
20. Munasir, Triwikantoro, Zainuri M, Darminto. Uji XRD dan XRF pada bahan mineral (batuan dan pasir) sebagai sumber material cerdas (CaCO<sub>3</sub> dan SiO<sub>2</sub>), *JPFA*, 2012; 2(1): 20-9.
21. Fabricio AR, Renato QCJ, Fabiola LPP, Helcio RNJF, Carvalho RF, Mutlu O. Evaluation of bond strength between glass fiber and resin composite using different protocols for dental splinting, *Eur J of Gen Dent*. 2013; 2(3): 281-285.
22. Schall K, Fiberglass dalam Kogel JE, Trivedi N, Barker JM, Krukowski ST, *Industrial minerals & rock-commodities, markets and uses*. 7<sup>th</sup>ed. Society for mining, metallurgy and exploration Inc. 2006; 1369-1374.
23. Karlsson S, Jonson B. The technology of chemical glass strengthening-a review. *Eur J Glass Sci Tech A*. 2010; 51 (2) : 41-54.
24. Mallick PK. Fiber reinforced composites. *Materials, manufacturing and desain*. 3<sup>th</sup> ed. Franc: CRC Press. 2008.
25. Wallenberger FT, Bingham PA. *Fiberglass and Glass Technology. Energy-Friendly Composition and Application*. New York : Springer-Verlag. 2010; 45