

**UJI KANDUNGAN E GLASS FIBER NON DENTAL DENGAN MENGGUNAKAN  
TEKNIK X-RAY FLUORESCENCE SPECTROMETER (XRF)  
TEST CONTENT OF NON DENTAL E GLASS FIBER USING X-RAY  
FLUORESCENCE SPECTROMETER (XRF) TECHNIQUE**

**Widya Puspita Sari<sup>1</sup>, Satria Yandi<sup>2</sup>, Sugeng Andi Purnama<sup>3</sup>, Kurnia Putri<sup>3</sup>, Adiva Afnela Putri<sup>3</sup>**

<sup>1)</sup> *Departement Of Dental Material, Faculty Of Dentistry, Baiturrahmah University, Indonesia*

<sup>2)</sup> *Departement Of Preventive and Public Health Dentistry, Faculty Of Dentistry, Baiturrahmah University, Indonesia*

<sup>3)</sup> *Undergraduate Student, Faculty Of Dentistry, Baiturrahmah University, Indonesia*

*Email Address : [widyapuspitasaki@fkg.unbrah.ac.id](mailto:widyapuspitasaki@fkg.unbrah.ac.id)*

**ABSTRAK :** *Fiber Reinforced Composite (FRC)* merupakan material sintetik yang banyak diaplikasikan secara klinis di kedokteran gigi seperti pada bidang prostodonti, konservasi gigi, implantologi, periodonti, ortodonti dan kedokteran gigi anak. *E-glass fiber* merupakan tipe *fiber* yang sering digunakan di Kedokteran Gigi. Penggunaannya lebih dari 50% dibandingkan tipe lain. Ketersediaan *E glass fiber dental* di Indonesia cukup terbatas dengan harga relatif mahal namun tersedia *glass fiber non dental* dalam jumlah yang banyak dengan harga terjangkau. Salah satu tipe yang banyak digunakan adalah tipe *E glass*. *E glass fiber non dental* telah banyak digunakan sebagai material substitusi pada otomotif dan aplikasi kedirgantaraan karena karakteristiknya ringan dan sifat mekanik yang lebih baik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis komposisi dari *E-glass Fiber Non Dental* menggunakan teknik XRF. Sampel terdiri dari 10 gram *E glass fiber non dental*. Sampel dipotong dan dihaluskan dengan cara ditumbuk dan diayak. Selanjutnya dianalisis menggunakan *X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF)*. Selanjutnya hasil analisis ditampilkan dalam bentuk tabel deskriptif. Hasil analisis menunjukkan kandungan oksida terbesar SiO<sub>2</sub> (39,53%), CaO (46,31%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (8,17%) dan K<sub>2</sub>O (0,64%) tanpa kandungan B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Berdasarkan analisis XRF disimpulkan bahwa *E-glass fiber non dental* memiliki komposisi dan konsentrasi yang hampir sama dengan *E-glass fiber dental*, dan diharapkan dapat menjadi alternatif material di Kedokteran Gigi.

**Kata Kunci:** *Glass fiber, E glass fiber dental, E glass fiber non dental, X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF).*

**ABSTRACT :** *Fiber Reinforced Composite (FRC)* is a synthetic material that is widely applied clinically in dentistry such as in prosthodontics, dental conservation, implantology, periodontics, orthodontics and pediatric dentistry. *E-glass fiber* is a type of fiber that is often used in Dentistry. Its usage is more than 50% compared to other types. The availability of *E glass fiber dental* in Indonesia is quite limited with relatively expensive prices, but there are many glass fibers non-dental available at affordable prices. One type that is widely used is the *E glass* type. *E glass fiber Non-dental* has been widely used as a substitute material in automotive and aerospace applications due to its lightweight characteristics and better mechanical properties. The purpose of this study was to analyze the composition of *E-glass Fiber Non Dental* using XRF technique. The sample consisted of 10 grams of *E glass fiber non-dental*. Samples were cut and mashed by pounding and sifting. Then analyzed using *X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF)*. Furthermore, the results of the analysis are displayed in the form of a descriptive table. The results of the analysis showed that the highest oxide content was SiO<sub>2</sub> (39.53%), CaO (46.31%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (8.17%) and K<sub>2</sub>O (0.64%) without B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content. Based on XRF analysis, it was concluded that *E-glass fiber non-dental* has almost the same composition and concentration as *E-glass fiber dental*, and is expected to be an alternative material in Dentistry.

**Keywords:** *Glass fiber, E glass fiber dental, E glass fiber non dental, X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF).*

## A. PENDAHULUAN

*Fiber Reinforced Composite* (FRC) merupakan material sintetik yang banyak diaplikasikan secara klinis di kedokteran gigi seperti pada bidang prostodonti, konservasi gigi, implantologi, periodonti, ortodonti dan kedokteran gigi anak<sup>1,2</sup>. Penggunaan FRC dalam aplikasi klinis seperti pembuatan gigi tiruan cekat, sebagai *reinforcement* gigi tiruan lepasan, aplikasi pada ortodonti aktif dan pasif, pembuatan pasak dan *core*, serta untuk splinting gigi yang mobiliti. FRC merupakan material komposit yang terdiri dari 3 komponen yaitu matriks, fiber dan daerah di antara matriks dan *fiber*<sup>3</sup>. Material ini memiliki kekuatan fleksural yang baik dan kualitas sifat fisik yang dibutuhkan dalam material substruktur protesa serta untuk menggantikan struktur gigi yang hilang<sup>4</sup>.

Jenis *fiber* yang digunakan di kedokteran gigi antara lain karbon, *polyaramid*, *polyethylene* dan *glass fiber*. *Glass fiber* dengan berbagai komposisi merupakan jenis yang paling umum digunakan sebagai material restoratif dan protesa<sup>3</sup>. *Fiber* jenis ini menjadi pilihan karena sifatnya yang translusen sehingga estetisnya baik, mampu berikatan kimia dengan matriks melalui *silane coupling agent* dan memiliki sifat mekanis yang baik<sup>5,6</sup>. *Glass fiber* merupakan material non kristal, homogen dan strukturnya terdiri dari tiga dimensi jaringan yaitu *silica*, oksigen dan atom lain yang tersusun secara acak<sup>6</sup>. Komponen *glass fiber* yang digunakan dalam konstruksi berbagai aplikasi dental dapat diklasifikasikan dalam 6 kategori tergantung komposisi dan aplikasi yaitu tipe *A glass*, *C glass*, *D glass*, *S glass*, *AR glass* dan *E glass* dengan perbedaan sifat fisik dan mekanis<sup>7,8</sup>.

Dalam beberapa tahun terakhir tipe *fiber* yang sering digunakan di kedokteran gigi adalah *E glass fiber*<sup>9</sup>. Menurut penelitian Sari dkk (2014) menunjukkan kandungan oksida terbesar pada *E glass fiber dental* adalah SiO<sub>2</sub> (45,47%), CaO (38,49%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (12,11 %) dan K<sub>2</sub>O (0,94 %) <sup>10</sup>. Penggunaan tipe *glass fiber* ini lebih dari 50% dibandingkan tipe lainnya karena memiliki densitas yang rendah, mampu mempertahankan sifat/kekuatan pada berbagai kondisi, relatif tidak sensitif terhadap kelembaban, ketahanan air yang tinggi, tahan terhadap kimia dan panas, estetis dapat diterima, isolasi listrik yang tinggi, berikatan baik dengan matriks melalui *silane coupling agent*<sup>10,11,12,13</sup>. Ketersediaan *E glass fiber dental* di Indonesia cukup terbatas dengan harga relatif mahal namun tersedia *glass fiber non dental* dalam jumlah yang banyak dengan harga terjangkau<sup>14</sup>. *Glass fiber reinforced polymer* sangat populer di bidang kedirgantaraan, otomotif, kelautan, industri konstruksi sipil seperti tangga, *platform*, tangki, pipa dan pompa<sup>15</sup>. Salah satu tipe *glass fiber non dental* yang banyak digunakan adalah tipe *E glass*. *E glass fiber non dental* telah banyak digunakan sebagai material substitusi pada otomotif dan aplikasi kedirgantaraan karena karakteristiknya ringan dan sifat mekanik yang lebih baik<sup>16</sup>.

*E glass fiber non dental* dapat digunakan sebagai alternatif di kedokteran gigi salah satunya dilihat dari komposisi. Komposisi *glass fiber* terutama kandungan logam alkali (antara lain Li, Na, K) dan alkali tanah (antara lain Mg, Ca) merupakan salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi sifat fisik, mekanis dan stabilitas hidrolitik<sup>6,11</sup>. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melihat komposisi yaitu metode analisis *X-Ray Fluorescence Spectrometer* (XRF). Metode XRF digunakan untuk menganalisis komposisi material padat, bubuk, cairan dan film yang tipis<sup>17</sup>. Metode ini banyak digunakan untuk menganalisis unsur kimia dari mineral, kaca, keramik, penelitian geologi dan arkheologi<sup>18</sup>. Beberapa keuntungan dari metode XRF diantaranya dapat menganalisis kandungan kimia dari elemen utama dalam jumlah besar (seperti Al, Mn, Ca, Na, K, Ti, P, Si, Mg), tekniknya sederhana tanpa banyak interferensi, sistematis, serta persiapan sampel cepat dan sederhana, teknik analisis non destruktif, analisis multi elemen dapat diselesaikan dalam beberapa menit dan akurasi tinggi<sup>19,20</sup>. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi *E glass fiber non dental* menggunakan teknik XRF sehingga dapat dilihat apakah komposisinya memiliki

kesamaan dengan *E glass fiber dental* dan dapat dijadikan material alternatif dalam konstruksi FRC di kedokteran gigi.

## B. METODE PENELITIAN

Bahan penelitian yang digunakan sebagai sampel adalah *E-glass fiber non dental* (CMC, E-Glass Chopped Strand Mat 450/1040) (Gambar 1). Sebelum dilakukan analisis, dilakukan preparasi sampel. Preparasi sampel dengan ukuran sangat kecil dan harus disesuaikan secara geometris dengan alat ukur. Untuk tujuan ini dilakukan pemotongan atau penghalusan sampel sehingga sampel dapat ditempatkan dalam alat ukur. Hasil preparasi sampel merupakan sampel laboratorium yang volume analisisnya sesuai dengan material yang akan dikarakterisasi dan tekstur permukaan tidak mempengaruhi hasil pengukuran<sup>21</sup>. Sampel dihaluskan dengan cara ditumbuk dan diayak agar didapatkan sampel yang homogen. Sampel ditimbang seberat 10 gram, kemudian dimasukkan ke dalam tabung sebanyak  $\pm 1/3$  ketinggian tabung dan ditekan hingga permukaan rata<sup>10</sup>. Selanjutnya sampel diuji menggunakan *XRF Spectrometry (PANalytical, Epsilon 3)* (Gambar 2).



Gambar 1. *E Glass Fiber Non Dental* (Dokumentasi Pribadi, 2021)



Gambar 2. *XRF Spectrometry (PANalytical, Epsilon 3)*; (A) Sampel didalam XRF, (B) Uji XRF, (C) Analisis Hasil XRF (Dokumentasi Pribadi, 2021)

Alat uji *XRF Spectrometry* digunakan untuk menganalisis unsur yang terkandung dalam bahan secara kualitatif dan kuantitatif. Informasi jenis unsur yang terkandung dalam bahan di

analisis secara kualitatif yang ditunjukkan dengan adanya spektrum unsur pada karakteristik energi sinar X nya. Informasi jumlah unsur yang terkandung dalam bahan di analisis secara kuantitatif yang ditunjukkan oleh ketinggian puncak spektrum<sup>22</sup>. Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi pencacahan sinar X karakteristik yang terjadi dari peristiwa efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena elektron dalam target terkena radiasi gamma, sinar X. Sinar X yang dihasilkan merupakan gabungan spektrum sinambung dan spektrum berenergi tertentu yang berasal dari bahan sasaran yang tertumbuk elektron<sup>23</sup>. Sinar X karakteristik yang dihasilkan dari peristiwa tersebut ditangkap oleh detektor semi konduktor Silikon Lithium (SiLi)<sup>22</sup>. Analisis XRF *glass fiber non dental* dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Universitas Negeri Padang.

### C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis XRF *E-glass fiber non dental* pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 1. Pengolahan data menggunakan software yang tersedia pada alat XRF dimana hasilnya menunjukkan kandungan oksida terbesar pada *E glass fiber non dental* adalah SiO<sub>2</sub> (39,53%), CaO (46,31%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (8,17%) dan K<sub>2</sub>O (0,64%) tanpa kandungan B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Hasil ini menunjukkan bahwa komposisi *E glass fiber non dental* memiliki komposisi dan konsentrasi yang hampir sama dengan *E glass fiber dental*. Penelitian Sari (2014) menunjukkan kandungan oksida terbesar pada *E glass fiber dental* adalah SiO<sub>2</sub> (45,47%), CaO (38,49%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (12,11 %) dan K<sub>2</sub>O (0.94 %) <sup>10</sup>. *Glass fiber* tipe E (Electrical Grade) disebut juga *calcium aluminium borosilicate glass* dengan kandungan alkali yang rendah. *Glass fiber* ini memiliki insulasi listrik yang baik dan ketahanan yang kuat terhadap air<sup>6</sup>.

Kandungan logam Alkali (Na, K, Li dan lain-lain) dan alkali tanah (Mg, Ca dan lain-lain) pada *E glass fiber* sangat berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanis<sup>11</sup>. Kandungan logam alkali seperti Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Li<sub>2</sub>O dapat mengurangi temperatur kerja dan berperan penting dalam pengaturan ekspansi termal. Kandungan logam alkali dalam batas tertentu atau minimal dapat meningkatkan koefisien ekspansi termal, sedangkan jika dalam konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan efek yang buruk pada stabilitas hidrolitik<sup>24</sup>.

Senyawa SiO<sub>2</sub> merupakan senyawa dengan konsentrasi tertinggi dalam komposisi *E glass Fiber* dibandingkan oksida lain sehingga menjadi kerangka dari struktur *glass fiber* dan mampu berikatan baik dengan matriks<sup>10</sup>. Dalam jaringan *glass*, ikatan Si-O memiliki energi ikatan tertinggi sehingga mereka menjadi senyawa terkuat<sup>25</sup>. Komponen lain seperti MgO sebagai stabilizer yang dapat meningkatkan ketahanan kimia dan modulus elastis sedangkan CaO dapat meningkatkan ketahanan terhadap kelarutan dan juga menstabilkan efek terhadap asam<sup>14,24</sup>. Senyawa Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ditambahkan untuk memodifikasi struktur jaringandan meningkatkan kemampuan kerja *glass fiber* dimana oksida ini mampu meningkatkan ketahanan kimiawi, menurunkan kelarutan dari *glass*, sebagai penyeimbang dari CaO dengan level yang relatif tinggi serta meminimalisir perubahan viskositas jika terjadi perubahan temperatur<sup>10,24</sup>.

*E-Glass Fiber* mengalami evolusi yang awal komposisinya tanpa kandungan boron (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) namun tahun 1943 ditambahkan boron<sup>26</sup>. Kandungan B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> saat bereaksi dengan saliva dapat menginduksi efek korosi sehingga menurunkan kekuatan *E-Glass fiber*<sup>11</sup>. Tantangan *E glass fiber* adalah menghasilkan energi yang rendah dan ramah lingkungan tanpa B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, namun kombinasi dengan B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dapat mengurangi biaya dan pemrosesan lebih cepat<sup>26</sup>. Hasil penelitian menunjukkan *E-glass fiber non dental* tanpa kandungan B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sehingga diharapkan ramah lingkungan dan saat bereaksi dengan saliva tidak menimbulkan efek korosi.

Tabel 1. Komposisi *E Glass Fiber Non Dental*

Elemen			Geology			Oxides		
Compound	Conc	Unit	Compound	Conc	Unit	Compound	Conc	Unit
Al	5.864	%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.204	%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.17	%
Si	26.483	%	SiO <sub>2</sub>	39.732	%	SiO <sub>2</sub>	39.539	%
P	1.224	%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.809	%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.799	%
Cl	0.021	%	Cl	0.013	%	K <sub>2</sub> O	0.641	%
K	0.891	%	K <sub>2</sub> O	0.646	%	CaO	46.311	%
Ca	60.351	%	CaO	46.679	%	TiO <sub>2</sub>	0.993	%
Ti	1.249	%	Ti	0.601	%	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.017	%
V	0.02	%	V	0.01	%	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.029	%
Cr	0.042	%	Cr	0.02	%	MnO	0.026	%
Mn	0.042	%	Mn	0.02	%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.008	%
Fe	1.496	%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.018	%	ZnO	0.01	%
Zn	0.018	%	Zn	0.008	%	Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.008	%
Ga	0.012	%	Ga	0.006	%	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.008	%
As	0.013	%	As	0.006	%	Rb <sub>2</sub> O	0.016	%
Rb	0.031	%	Rb	0.015	%	SrO	0.167	%
Sr	0.305	%	Sr	0.143	%	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.004	%
Y	0.008	%	Y	0.004	%	ZrO <sub>2</sub>	0.051	%
Zr	0.081	%	Zr	0.038	%	Ag <sub>2</sub> O	0.221	%
Ag	0.345	%	Ag	0.207	%	In <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.799	%
In	1.175	%	In	0.666	%	BaO	0.109	%
Ba	0.21	%	Ba	0.099	%	Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	%
Eu	0	%	Pb	0.05	%	Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.003	%
Yb	0.006	%	Eu	0	%	IrO <sub>2</sub>	0.002	%
Re	0	%	Yb	0.003	%	PbO	0.053	%
Ir	0.004	%	Re	0	%	Cl	0.013	%
Pb	0.107	%	Ir	0.002	%	Re	0	%

#### D. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi *E glass fiber non dental* memiliki komposisi dan konsentrasi yang hampir sama dengan *E glass fiber dental*, dimana mengandung SiO<sub>2</sub> yang merupakan senyawa dengan konsentrasi tertinggi, memiliki kandungan logam alkali (Na<sub>2</sub>O dan K<sub>2</sub>O) dengan konsentrasi minimal sehingga ketahanan hidrolitik baik. *E glass fiber non dental* juga mengandung komponen lain seperti Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO dan CaO yang dapat meningkatkan ketahanan kimiawi, serta tidak mengandung B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sehingga diharapkan ramah lingkungan dan tidak menimbulkan efek korosi. Glass fiber tipe ini diharapkan dapat menjadi alternatif material di kedokteran gigi.

**E. DAFTAR PUSTAKA**

1. Tayab T., Shetty A., dan Kayalvizhi G. 2015. The Clinical Applications of Fiber Reinforced Composites in All Specialties of Dentistry an Overview. *International J of Composite Material*. 5(1); 18-24.
2. Brozek R., Koczorowski R., dan Bobkowska B.D. 2019. Laboratory and Clinical Evaluation of Polymer Material Reinforced By Fiber used in Dentistry. *European Review for Medical and Pharmacological Science*.23; 1855-1863.
3. Scribante A., Vallittu P.K., Ozcan M. 2018. Fiber Reinforced Composites for Dental Applications. *Biomed Research International Hindawi*. 1-2.
4. Kumar A., Tekriwal S., Rajkumar B., Gupta V., dan Rastogi R. 2016. A Review on Fibre Reinforced Composite Resin. *Annals of Prosthodontics and Restorative Dentistry* . 2(1); 11-16.
5. Vallitu P.K. 2018. An overview of Development and Status of Fiber-Reinforced Composites as Dental and Medical Biomaterials. *Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavia*. 4(1); 44-55.
6. Khan A.S., Azam M.T., Khan M., Mian S.A., dan Rehman I.U. 2015. An Update on Glass Fiber Dental Restorative Composites: A Systematic review. *Material Science and Engineering C*. 47; 26-39.
7. Mangous E., Sailynoja E., Prinssi R., Lassila L., Valittu P.K., dan Garoushi S. 2017. Comparative Evaluation between Glass and Polyethylene Fiber Reinforced Composite: A Review of the Current Literature. *J Clin Exp Dent* . 9 (12); e1408-17
8. Amer A.A.R., Abdullah M.M.A.B., Ming L.Y., Tahir M.F.M. Performance and Properties of Glass Fiber and its Utilization in Concrete – A Review. *AIP Conference Proceeding*. 20 November 2018. 020296-10.
9. Gokul S., Ahila SC., dan Muthu Kumar B. 2018. Effect of E-glass Fibers with Conventional Heat Activated PMMA Resin Flexural Strength and Fracture Toughness of Heat Activated PMMA Resin. *Annals of Medical & Health Science Research*. 8(3); 189-192.
10. Sari W.P., Sumantri, D., Imam D.N.A. 2014. Pemeriksaan Komposisi Glass Fiber Komersial dengan teknik X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF). *J B-Dent*. 1(1); 156-162.
11. Safwat E.M., Khater A.G.A., Elsatar A.G., Khater G.A. 2021. Glass Fiber Reinforced Composites in Dentistry. *Bull Nati Res Cent*. 45; 1-9.
12. Zhang M, Matinlinna J.P. 2012. E-Glass fiber Reinforced Composites in Dental Applications. *Silicon*. 4; 73-78.
13. Fonseca R.B., Paula M.S., Favarao I.N., Kasuya A.V.B., Carlo H.L. 2014. Reinforcement of Dental Methacrylate with Glass Fiber after Heated Silane Application. *Biomed Research International Hindawi*. 1:5.
14. Sari W.P., Sunarintyas S., Nuryono. 2015. Pengaruh Komposisi beberapa Glass Fiber Non Dental terhadap Kekuatan Fleksural Fiber Reinforced Composites. *J B-Dent* . 2(1); 29-35.
15. Landesmann A., Seruti C.A., Batista E.M. 2015. Mechanical Properties of Glass Fiber Reinforced Polymers Members for Structural Application. *Material Research*. 18 (6); 1372-1383.
16. Kumar M., Ravikiran R., Govindaraju H.K. Development of E-Glass Woven Fabric/ Polyester Resin Polymer Matrix Composite and Study of Mechanical Properties. *Science Direct Proceeding*. 5 (2018) ; 13367-13374.
17. Pinto A.H. 2018. Portable X-Ray Fluorescence Spectrometry: Principles and Applications for Analysis of Mineralogical and Enviromental Materials. *Aspect Min Miner Sci*. 1(2); 1-6.
18. Bell A.M.T., Backhouse D.J., Deng W., Eales J.D., Kilinc E., Rautiyal P., Rigby J.C., Vaishnav S., Addo G.W., Bingham P.A. 2020. X-Ray Fluorescence Analysis of Feldspars and Silicate Glass: Effect of Melting Time on Fused Bead Consistensi and Volatilisation. *Minerals*. 10 (422) ; 1-17.

19. Oyedotun T.D.T.2018. X-Ray Fluorescence (XRF) in the Investigation of the Composition of Earth materials: a review and overview. *Geology, Ecology and landscape*. 2(2); 148-154.
20. Wilberforce O. J.O. 2016. Review of Principles and Application of AAS, PIXE and XRF and Their Usefulness in Enviromental Analysis of Heavy Metals. *IOSR-JAC*. 9(6); 15-17.
21. Hascke M., Flock J., Haller M. *X-Ray Fluorescence Spectroscopy for Laboratory Applications*. 1<sup>st</sup> Ed. Weinheim: WILEY-VCH. 2021. p 31-32.
22. Jamaludin A dan Adiantoro D. 2012. Analisis Kerusakan X-ray Fluoresence (XRF). *Majalah Ilmiah PIN*. 9 (5): 19-28.
23. Munasir., Triwikantoro., Zainuri, M., Darminto. 2012. Uji XRD dan XRF pada Bahan Mineral (Batuan dan Pasir) sebagai Sumber Material Cerdas (CaCO<sub>3</sub> dan SiO<sub>2</sub>). *JPFA*. 2(1): 20-29.
24. Hasanuzzaman, M., Rafferty, A., Sajjia, M., & Olabi, A.-G. 2016. *Properties of Glass Materials. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*. Elsevier. doi:10.1016/b978-0-12-803581-8.03998-9
25. Thomason J., Jenkins P., Yang L. 2016. Glass Fiber Strength-A Review with Relation to Composite Recycling. *MDPI*. 4(18): 1-24.
26. Cevahir, A. 2017. *Glass fibers. Fiber Technology for Fiber-Reinforced Composites*, 99–121. doi:10.1016/b978-0-08-101871-2.00005-9