
PENGARUH ORIENTASI DAN VOLUMETRIK *GLASS FIBER NON DENTAL* TERHADAP KEKUATAN PERLEKATAN GESER *FIBER REINFORCED* *COMPOSITES* UNTUK *SPLINTING PERIODONTAL*

Dedi Sumantri^{*}, Siti Sunarintyas^{}, Dahlia Herawati^{***}**

^{*}Program Studi S2 Ilmu Kedokteran Gigi, FKG Universitas Gadjah Mada

^{**}Bagian Biomaterial S2, FKG Universitas Gadjah Mada

^{***}Bagian Periodonsia, FKG Universitas Gadjah Mada

KATA KUNCI

glass fiber non dental,
orientasi *fiber*,
volumetrik *fiber*,
kekuatan perlekatan
geser, *splinting*
periodontal

ABSTRAK

Fiber Reinforced Composite (FRC) menggunakan *E-glass fiber* dental dalam bidang kedokteran gigi telah banyak diaplikasikan secara klinis, salah satunya dalam aplikasi *splinting periodontal*. Ketersediaan *E-glass fiber* dental di Indonesia masih terbatas dengan harga relatif mahal. Terdapat *glass fiber non dental* di Indonesia yang banyak digunakan bidang teknik, dengan harga terjangkau. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh orientasi dan volumetrik *glass fiber non dental* terhadap kekuatan perlekatan geser FRC pada *splinting periodontal*.

Bahan penelitian berupa *glass fiber non dental* yang terdiri dari tiga jenis yaitu *glass fiber mats* (LT, China), *glass fiber roving* (CMAX, China), dan *glass fiber woven roving* (HJ, China), serta *E-glass fiber dental* (*Fiber-Splint*, Polidentia SA, Switzerland). Objek dibagi menjadi 8 kelompok, masing-masing kelompok terdiri atas 4 sampel. Kelompok I (kontrol) tanpa penambahan *glass fiber non dental*, kelompok II *E-glass fiber* dental 2,8 vol%, dan kelompok III - VIII terdiri dari *glass fiber non dental mats*, *glass fiber non dental roving*, dan *glass fiber non dental woven roving*, dengan fraksi volumetrik 2,8 dan 5,4 vol%. Seluruh sampel direndam dalam air destilasi selama 24 jam pada suhu 37° C. Pengujian kekuatan perlekatan geser menggunakan *Universal Testing Machine*. Data dianalisis menggunakan ANAVA dua jalur, uji *t* dan *LSD*.

Hasil penelitian menunjukkan rerata kekuatan perlekatan geser (MPa) terendah pada kelompok tanpa *fiber* (kontrol) (8,95 ± 0,95) dan tertinggi pada 5,4 vol% *glass fiber non dental woven roving* (14,11 ± 0,35). Hasil analisis ANAVA dua jalur menunjukkan variabel orientasi dan volumetrik *glass fiber non dental* memberikan pengaruh signifikan (p<0,05). Uji post hoc *LSD* dan uji *t* menunjukkan perbedaan signifikan (p<0,05) pada seluruh kelompok perlakuan untuk variabel orientasi dan volumetrik. Kesimpulan penelitian ini adalah orientasi dan volumetrik *glass fiber non dental* memberikan pengaruh terhadap peningkatan kekuatan perlekatan geser FRC.

PENDAHULUAN

Kegoyahan gigi merupakan salah satu gejala khas penyakit periodontal yang ditandai hilangnya perlekatan ligamen periodontal serta kerusakan tulang secara vertikal¹. Kegoyahan gigi berdampak pada

terganggunya fungsi pengunyahan, gangguan oklusi, migrasi gigi hingga fungsi estetik yang akhirnya mempengaruhi kualitas hidup manusia. Salah satu cara untuk mengontrol dan menstabilisasi kegoyahan gigi adalah penggunaan *splinting*. *Splint* adalah suatu

alat yang bertujuan untuk immobilisasi atau stabilisasi kegoyahan gigi. *Splinting* biasanya dilakukan pada fase I (fase *initial*), sebelum fase bedah, baik berupa *splinting* sementara maupun *splinting* permanen. Beberapa penelitian menunjukkan *splinting* dapat meningkatkan resistensi jaringan terhadap kerusakan periodontal lebih lanjut dan mempercepat respon penyembuhan².

Sejak dahulu *splinting* pada gigi geligi menggunakan *wire*, kombinasi *wire*-komposit atau *mesh*-komposit. Keuntungan *wire splinting stainless steel* dengan *bonding* komposit adalah proses yang cepat, mudah untuk beradaptasi, dan dapat mengontrol kegoyahan gigi. Kekurangan *wire splinting* dapat menimbulkan penumpukan sisa makanan dan timbulnya akumulasi plak pada area sekitar kawat. Dari segi estetis terdapat kekurangan bentuk *wire* yang terlihat, sehingga dapat mengganggu kenyamanan pasien³.

Splinting dengan bahan FRC merupakan temuan dan terobosan baru, modern, efektif, bernilai estetik tinggi, memberikan kenyamanan bagi pasien serta mudah dalam

pembersihan. *Fiber* dengan bahan FRC dapat digunakan untuk *palatal* atau *lingual splinting*, *labial splinting* atau *occlusal splinting*. Kelebihan bahan ini adalah sangat mudah pemeliharaannya, bebas logam, transparan, estetis, dan tampak natural¹.

E-glass fiber merupakan *fiber reinforcement* yang sering digunakan di kedokteran gigi karena biokompatibilitas dan estetikanya baik⁴, berikatan baik dengan polimer melalui *silane coupling agent*⁵, meningkatkan kekuatan mekanis dan tidak sensitif terhadap kelembaban⁶. 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^{7,8}. Komposisi *glass fiber non dental* dengan sebagian besar komposisinya hampir sama dengan *E-glass fiber* yang biasa digunakan di kedokteran gigi, meskipun ada beberapa komponen penyusun yang berbeda (Tabel 1)⁹.

Tabel 1. Komposisi *glass fiber*⁹

No	Komponen	<i>E-glass fiber dental</i>	<i>Glass fiber non dental A</i>	<i>Glass fiber non dental B</i>	<i>Glass fiber non dental C</i>
1	SiO ₂	45,47	56,88	52,56	55,86
2	CaO	38,49	16,24	10,03	18,71
3	Al ₂ O ₃	12,11	5,56	2,45	5,51
4	Na ₂ O	-	12,91	-	18,71
5	MgO	-	4,86	0,11	5,11
6	K ₂ O	0,98	0,56	5,75	0,32

Perlu dilakukan evaluasi kekuatan mekanis dan karakteristik secara fisik termasuk uji kekuatan perlekatan geser, sebelum FRC direkomendasikan dapat digunakan secara aplikasi dental klinis¹⁰. Kekuatan perlekatan dapat dinilai dengan uji kekuatan *tensile*, *microtensile test*, dan *shear bond strength test*. Tapi *shear bond strength test* paling sering digunakan karena metodenya yang lebih sederhana untuk menguji material kedokteran gigi¹¹.

Orientasi *fiber* dan volumetrik *fiber* merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan untuk keberhasilan FRC terutama dalam meningkatkan kekuatan mekanisnya. Semakin tinggi volume *fiber* maka bahan FRC semakin kuat¹². Orientasi *fiber* yang terdapat dalam lapisan FRC mempengaruhi kekuatannya¹³. Penentuan orientasi dan volumetrik *fiber* mempengaruhi kekuatan mekanis bahan, termasuk kekuatan perlekatan geser dari aplikasi FRC.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh orientasi dan volumetrik *glass fiber non dental* terhadap kekuatan perlekatan geser *fiber reinforced composites* untuk splinting periodontal.

METODE PENELITIAN

Bahan penelitian berupa *glass fiber non dental* yang terdiri dari tiga jenis yaitu *glass fiber mats* (LT, China), *glass fiber roving* (CMAX, China), dan *glass fiber woven roving* (HJ, China), serta *E-glass fiber dental* (*Fiber-Splint*, Polidentia SA, Switzerland),

flowable composite (CharmFil Flow, Denkist, Korea) dan *silane coupling agent* (Monobond S, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein). Objek penelitian terdiri dari tiga puluh dua gigi Premolar pertama rahang atas yang ditanam dalam resin akrilik berbentuk kubus berukuran 15 x 15 x 15 mm. Objek dibagi menjadi 8 kelompok, masing-masing kelompok terdiri atas 4 sampel. Kelompok I (kontrol) tanpa penambahan *glass fiber non dental*, kelompok II *E-glass fiber dental* 2,8 vol%, dan kelompok III - VIII terdiri dari *glass fiber non dental mats*, *glass fiber non dental roving*, dan *glass fiber non dental woven roving*, dengan fraksi volumetrik 2,8 dan 5,4 vol%.

Fiber diukur dengan penggaris sepanjang 3 mm, dipotong dengan gunting dan dilakukan penimbangan dengan menggunakan neraca digital ketelitian 0,1 mg. Selanjutnya permukaan email gigi dipoles dengan menggunakan air dan pumice yang tidak mengandung fluor dengan menggunakan *prophylaxis brush*. Gigi dietsa dengan menggunakan asam fosfat 37% selama 30 detik, kemudian dibilas dengan menggunakan air selama 5 detik lalu dikeringkan¹⁴.

Meletakkan cetakan FRC berbentuk balok yang terbuat dari logam kuningan dengan ukuran 3,2 mm x 2,2 mm x 1,5 mm pada permukaan bukal gigi. Mengaplikasikan bahan *bonding* pada permukaan bukal gigi lalu menguapkan pelarut dengan cara mengalirkan udara secara perlahan

selanjutnya sinari selama 20 detik, diikuti dengan meletakkan *flowable composite*. Khusus untuk kelompok I / kontrol negatif (resin komposit tanpa *fiber*), *flowable composite* diisi hingga penuh pada cetakan dan disinari selama 40 detik. Sedangkan untuk Kelompok II, III, IV, V, VI, VII dan VIII (FRC dengan *glass fiber* dental dan *non dental*), *flowable composite* diaplikasikan setinggi 1 mm. Meletakkan *bundle glass fiber* yang telah diolesi *silane* pada *flowable composite* dengan menggunakan pinset. Melapis kembali dengan *flowable composite* setebal cetakan lalu sinari selama 40 detik dengan jarak penyinaran 2 mm^{15,16}.

Sebelum dilakukan uji kekuatan perlekatan geser, sampel direndam dalam akuades dan disimpan dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam¹⁷. Perendaman ini bertujuan untuk memperoleh kondisi yang sama dengan kondisi oral dan *equilibrium water sorption*.

Uji kekuatan perlekatan geser

Uji kekuatan perlekatan geser (*shear bond strength test*) dilakukan dengan menggunakan alat *universal testing machine*. Uji ini dilakukan dengan meletakkan objek penelitian pada alat uji tersebut dengan kecepatan *cross-head* konstan ($1 \pm 0,3$) mm/menit dan suatu monitor akan merekam gaya dengan akurasi $\pm 2\%$ berbentuk suatu angka (P) yang merupakan batas kekuatan maksimal hingga terjadi kegagalan pada perlekatan sampel. Selanjutnya besarnya

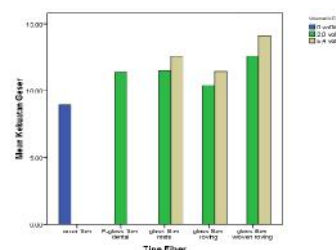
gaya yang menyebabkan kegagalan perlekatan pada sampel diolah dengan rumus $= F/A$, dimana adalah kekuatan perlekatan geser perlekatan (MPa), F adalah gaya maksimal untuk melepaskan / mematahkan sampel (N) dan A adalah luas penampang sampel (mm²).

Analisis Statistik

Data hasil penelitian dianalisis secara statistik menggunakan analisis varians dua arah (*two-way anova*) dan uji *t* untuk melihat pengaruh variasi orientasi *fiber* dan fraksi volumetrik *fiber* terhadap perbedaan besarnya nilai kekuatan perlekatan geser dari sampel yang telah diperoleh. Selanjutnya data dianalisis dengan uji *Post Hoc LSD* untuk melihat besarnya perbedaan rerata antar masing-masing kelompok.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rerata kekuatan perlekatan geser untuk semua kelompok penelitian dengan variabel orientasi dan volumetrik, secara umum menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan kekuatan perlekatan geser. Gambaran peningkatan terjadi pada semua kelompok jenis *glass fiber non dental* dengan penambahan volumetrik *fiber* 2,8 % ke 5,4 %



Gambar 1. Grafik rerata kekuatan perlekatan geser

Variasi orientasi dan volumetrik *glass fiber non dental* menunjukkan FRC jenis *glass fiber non dental woven roving* dengan volumetrik 5,4% menghasilkan kekuatan perlekatan geser tertinggi dibandingkan kelompok *fiber non dental* jenis lain.

Hal ini kemungkinan disebabkan karena *fiber* yang berfungsi sebagai penguat ketika di kombinasikan dengan matriks resin memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan kekuatan mekanis termasuk peningkatan kekuatan perlekatan geser^{16,18}.

Nilai kekuatan perlekatan geser tinggi ditemukan pada beberapa penelitian FRC yang menunjukkan nilai sebesar (14,6 MPa) sedangkan kekuatan perlekatan geser terendah pada resin tanpa *fiber* (7,99 MPa)¹⁹.

Uji ANAVA 2 jalur digunakan untuk mengetahui pengaruh variasi orientasi dan volumetrik *glass fiber non dental*. Hasil perhitungan F untuk variabel orientasi *glass fiber non dental* sebesar 162,54 dan variabel volumetrik *glass fiber non dental* sebesar 119,14 dengan masing-masing menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$). Sifat mekanis *glass fiber reinforced composite* tergantung pada arah orientasi *fiber* dalam matriks polimer. *Fiber roving* yang berbentuk *unidirectional* menunjukkan kekuatan dan kekakuan tertinggi untuk komposit, tetapi hanya dalam satu arah, yaitu arah *fiber*, karena efek penguatan *fiber unidirectional* bersifat anisotropik (arah yang berbeda), sedangkan *fiber woven* yang memperkuat polimer dan komposit dalam

dua arah (*bidirectional*) memiliki sifat mekanis orthotropik (arah yang berbeda dalam arah ortogonal) yang memiliki efek penguatan *fiber* tidak berbeda dengan sifat anisotropik. Bentuk orientasi *fiber mats* adalah secara acak (*random*), sifat mekanisnya adalah sama di semua arah dan bersifat isotropik/homogen²⁰.

Adanya bentuk arah yang berbeda akan menambah kekuatan mekanis pada material komposit yang diaplikasikan dengan *fiber*, karena sifat-sifat material tersebut dapat diarahkan dalam arah penguatan tertentu guna meningkatkan kekuatan dan kekakuan komposit / FRC serta meminimalkan kelemahan pada arah tidak dikehendaki, biasanya penguatan yang terbesar terjadi pada penguatan arah *fiber*. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa ketiga jenis *glass fiber* yang di uji memberikan peningkatan kekuatan pada FRC.

Perbedaan volumetrik memberikan pengaruh signifikan terhadap kekuatan perlekatan geser FRC. Penambahan *fiber* dengan volumetrik 5,4% pada masing-masing kelompok *glass fiber non dental* menghasilkan kekuatan perlekatan geser yang lebih tinggi dibandingkan dengan volumetrik 2,8%. Hal ini disebabkan karena dengan penambahan jumlah *fiber* beban matriks dalam FRC dapat dialihkan pada *fiber*, sehingga semakin meningkat volume *fiber* maka kekuatan yang didapat dari FRC semakin bertambah dan meningkat. Kondisi ini sejalan dengan penelitian Alander²¹,

bahwa peningkatan volume *fiber* dalam tiap bundel dapat menghasilkan suatu peningkatan kekuatan tarik.

Hasil analisa *Post Hoc LSD* untuk kelompok dengan variasi orientasi *glass fiber non dental* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Rangkuman uji *LSD* kekuatan perlekatan geser FRC *glass fiber non dental* dengan variabel orientasi

Kelompok	<i>glass fiber mats</i>	<i>glass fiber roving</i>	<i>glass fiber woven roving</i>
<i>glass fiber mats</i>	██████	1,13*	1,07*
<i>glass fiber roving</i>		██████	2,19*
<i>glass fiber woven roving</i>			██████

* = perbedaan bermakna (p<0,05)

Untuk menilai data kekuatan perlekatan geser pada variasi volumetrik digunakan uji *t* karena hanya menggunakan 2 kelompok variabel volumetrik, yaitu 2,8 % dan 5,4 %.

Tabel 3. Rangkuman uji *t* kekuatan perlekatan geser FRC *glass fiber non dental* dengan variabel volumetrik

	Kelompok	<i>t</i>	<i>p</i>
Kekuatan perlekatan geser	2,8 vol% <i>glass fiber non dental</i>	2,75	0,012*
	5,4 vol% <i>glass fiber non dental</i>	2,75	0,012*

* = perbedaan bermakna (p<0,05)

Kekuatan perlekatan geser pada variasi orientasi menunjukkan perbedaan bermakna untuk seluruh kelompok orientasi *glass fiber non dental*. Data kekuatan perlekatan geser pada variasi volumetrik *glass fiber non dental* menunjukkan perbedaan bermakna (p<0,05) untuk seluruh kelompok volumetrik *glass fiber non dental*.

Tugas *fiber* dengan orientasi yang berbeda dapat mengubah dinamika perlekatan interfisial dan mengakibatkan perubahan kegagalan perlekatan interfisial. Penelitian

sebelumnya telah mengevaluasi pengaruh dari penambahan FRC *unidirectional* pada interfase restorasi gigi dan menunjukkan bahwa kekuatan FRC *unidirectional* tidak berbeda dengan bahan partikel pengisi komposit¹⁶. Disamping penggunaan FRC *unidirectional* juga aplikasi FRC *bidirectional* dan FRC orientasi *random* (acak) memiliki aplikasi yang lebih spesifik dalam kedokteran gigi. Alasan untuk membandingkan FRC *bidirectional* dan FRC orientasi *random* (acak) dengan simulasi aplikasi langsung adalah potensi mereka untuk digunakan dalam perlekatan restorasi dengan meningkatkan ikatan luas permukaan email dan dentin yang mempengaruhi kekuatan perlekatan geser. Selain itu, bahwa sifat-sifat FRC keduanya mungkin dapat meniru biomekanik struktur gigi yang lebih baik dibandingkan FRC *unidirectional* (searah)¹⁶.

Ada perbedaan yang signifikan nilai-nilai kekuatan perlekatan pada substrat (email dan dentin). Email dan dentin memiliki modulus

elastis yang berbeda. Modulus elastis dari substrat memiliki pengaruh pada nilai kekuatan perlekatan yang terkait, dan bahwa perbedaan dalam modulus elastis dapat mengakibatkan perubahan dalam penyebaran tekanan melalui pengujian kekuatan geser. Hasil pengujian juga menggambarkan sebagian besar tes spesimen FRC *bidirectional* tetap melekat pada permukaan gigi, sedangkan kelompok FRC yang berorientasi acak (*random*) patah total dan terlepas dari permukaan¹⁶.

Perbedaan komponen penyusun serta konsentrasi yang berbeda pada masing-masing komponen juga mempengaruhi kekuatan perlekatan geser. Berdasarkan hasil pengujian *XRF glass fiber non dental*, kelompok orientasi *glass fiber roving*, *glass fiber mats* dan *glass fiber woven roving*, memiliki kandungan SiO₂ sebesar 52,56%, 56,88% dan 55,86%⁹. Kandungan silika merupakan kerangka penyusun *glass fiber* dengan persentase terbesar.

Fraksi volume *fiber* dari 2,8 % menjadi 5,4% dapat meningkatkan kekuatan perlekatan geser. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Abdulmajeed²² yang menunjukkan bahwa sifat-sifat FRC dapat ditingkatkan dengan menambah fraksi volume *fiber*, dengan menambah fraksi vol.% dari *E-glass fiber* dari 51,7% menjadi 61,7% terjadi peningkatan dari modulus elastisitas sebesar 27% , kekuatan kekerasan sekitar 34%, dan 15% dalam kemampuan menahan beban. Penelitian pada natural

fiber tipe *woven roving* dimana dengan menambah fraksi volumetrik *fiber* dari 22 % ke 34 % dan 42%, terjadi peningkatan kekuatan mekanis secara umum dan kekuatan perlekatan dari *fiber*²³.

Pada penelitian ini terlihat untuk kelompok sampel tanpa *fiber* menghasilkan rerata kekuatan perlekatan geser sebesar 8,95 MPa. Nilai kekuatan perlekatan geser FRC, menurut beberapa penelitian untuk aplikasi klinis kedokteran gigi termasuk didalamnya *splinting* periodontal adalah 12,4 - 14,6 MPa. Nilai yang lebih mendekati dengan aplikasi *splinting* periodontal adalah hasil penelitian yang secara khusus mengevaluasi kekuatan perlekatan geser FRC untuk aplikasi *splinting dental*, yang menunjukkan nilai 12,2 - 12,6 MPa¹⁸.

Aplikasi *splinting* periodontal menggunakan bahan resin komposit berpenguat *glass fiber non dental* dalam penelitian ini dapat memenuhi standar untuk kekuatan perlekatan geser yang diharapkan. Dari hasil penelitian ini, komposit yang diberi penguat *glass fiber non dental* menunjukkan kekuatan perlekatan geser antara 10,38 MPa (terendah) - 14,11 MPa (tertinggi) dengan perbandingan hasil uji kekuatan perlekatan geser untuk *glass fiber dental* sebesar 11,37 MPa.

Aplikasi *splinting* periodontal FRC pada penelitian ini memenuhi kriteria nilai kekuatan perlekatan geser yang dibutuhkan. Hal ini terlihat bahwa nilai kekuatan perlekatan geser dengan volumetrik 2,8% sudah dapat mencapai kekuatan yang

diharapkan bagi *splinting* periodontal. Terutama untuk jenis *glass fiber woven roving* yang memiliki nilai lebih tinggi diantara jenis *fiber* lainnya, menjadi material yang disarankan untuk aplikasi *splinting* periodontal. Nilai kekuatan perlekatan geser yang tertinggi diharapkan mampu memberikan kekuatan bagi aplikasi *splinting* periodontal dalam menjalankan fungsinya. Namun demikian untuk jenis *glass fiber roving* dan *mats* juga dapat menjadi pilihan untuk aplikasi tersebut. Ketiga jenis *glass fiber non dental* dalam penelitian ini dapat juga diaplikasikan untuk bidang ilmu kedokteran gigi lainnya, sesuai dengan kebutuhan kekuatan perlekatan geser yang diharapkan.

SIMPULAN

1. Orientasi *glass fiber non dental* berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan perlekatan geser *fiber reinforced composite splinting* periodontal. *Glass fiber non dental* jenis *woven roving* memiliki kekuatan perlekatan geser lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok orientasi yang lain.
2. Peningkatan volumetrik *glass fiber non dental* meningkatkan kekuatan perlekatan geser *fiber reinforced composite splinting* periodontal. Volumetrik 5,4 vol% memiliki kekuatan perlekatan geser yang lebih tinggi dibandingkan 2,8 vol%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Strassler, H.E., 2004, Periodontal Splinting with Fiber Reinforced Composite Resin. *Compendium of Continuing Education Dent.* 25: 53-59.
2. Suwandi, T., 2010, The Initial Treatment of Mobile Teeth Closure Diastema in Chronic Adult Periodontitis. Periodonti Departement, Faculty of Dentistry, Trisakti University. *Jurnal PDGI.* Vol. 59, No. 3., p.105 - 109.
3. Paddmanabhan, P.P, Chandrasekaran, S.C., Ramya, V., Manisundar., 2012, Tooth Splinting Using Fiber Reinforced Composite & Metal -A Comparison. A Case Report. *Indian Journal of Multidisciplinary Dentistry,* Vol. 2, Issue 4.
4. Alla, R.K., Sajjan, S., Alluri, V.R., Ginjupalli, K., dan Upadhy, N., 2013, Influence of Fiber Reinforcement on The Properties of Denture Base Resins. *J of Biomat and Nanobiotech.* 4 : 91-97.
5. 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.
6. Zhang, M., dan Matinlinna, J.P., 2012, E-Glass Fiber Reinforced Composites in Dental Applications. *Silicon.* 1-5.
7. Stromberg., 2012, Glass Fiber Reinforced Gypsum. <http://www.strombergarchitectural.com/materials/gfrg>. diunduh 16 April 2015
8. Johnson,T.,2015, Uses of Fiberglass. <http://composite.about.com/od/aboutglass/a/Uses-Of-Fiberglass.htm>. diunduh 16 April 2015
9. Sari, W.P., Sumantri, D., Imam, D.N.A., Sunarintyas, S., 2014, Pemeriksaan Komposisi Glass Fiber Komersial Dengan Teknik X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF). *Jurnal B-Dent.* Vol.1 (2). 83-160
10. Scribante, A., Cacciafesta,V., Sfondrini, M.F., 2006, Effect of Various Adhesive Systems on The Shear Bond Strength of Fiber-Reinforced Composite. *American Journal of Orthodontics Dentofacial Orthopedic.*130:224-7
11. Oilo, G., 1992, Biodegradation of Dental Composites/Glass Ionomer Cements. *Adv Dent Res.*, 6: 50-54.
12. Vallittu, P.K., 2001, Strength and Interfacial Adhesion of FRC-Tooth System. In: Vallittu P.K, editor. *The Second International Symposium on Fiber-Reinforced Plastics in Dentistry.* Nijmegen, The Netherlands.

- University of Turku. Publishing Office. p.2–28.
13. Curtis, R.V., and Watson, T.F., 2008, *Dental Material Imaging Testing and Modelling*. Woodhead Publishing Limited Cambridge, England.
 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. Foek, D.L., Özcan, M., Krebs, E., Sandham, A., 2009, Adhesive Properties of Bonded Orthodontic Retainers to Enamel: Stainless Steel Wire vs Fiber-Reinforced Composites. *J Adhes Dent* , 11: 381-390.
 16. Tezvergil, A, Lassila LVJ., Vallittu P.K., 2005, The Shear Bond Strength of Bidirectional and Random-Oriented Fiber-Reinforced Composite to Tooth structure. *J Dent* ;33:509-16
 17. ISO 11405 : 2003, *Dental Materials - Testing of Adhesion to Tooth Structure*. 2nd ed.
 18. Fabricio, A.R., Renato, Q.C.J., Fabíola, L.P.P., Helcio, R.N.J., Carvalho, R.F., Özcan, M., 2013, Evaluation of Bond Strength Between Glass Fiber and Resin Composite Using Different Protocols for Dental Splinting. *European Journal of General Dentistry* . Vol 2 ; Issue 3. p.281-285.
 19. Frese, C., Decker, C., Rebholz, J., Stucke, K., Staehle, H.J., Wolff, D., 2014, Originaland Repair Bond Strength of Fiber-Reinforced Composites In Vitro. *Dental materials*. 30: 456–462
 20. Callaghan, D.J., Vaziri, A., Hashemi, H.N., 2006, Effect of Fiber Volume Fraction and Length The Wear Characteristics of Glass Fiber-Reinforced Dental Composites. *J Dent Material*. 22 ; p. 84-93.
 21. Alander, P., Lasilla, L.V.J., Valittu, P.K., 2005, The Span Length and Cross-Sectional Design Affect Values of Strength. *Dent Material*, 21: 347 - 353.
 22. Abdulmajeed, A.A., Narhi, T.O., Vallittu, P.K., Lassila, L.V.J., 2011, The Effect of High Fiber Fraction on Some Mechanical Properties of Unidirectional Glass Fiber-Reinforced Composite. *Dent Material* ;27:313-321.
 23. Siva L., Winowlin J.J.T., Sankar L., Amico S.C., Ravindran D., 2013, Effect of Fiber Volume Fraction on The Mechanical Properties of Coconut Sheath/USP Composite. *J Manufacturing Engineering*. 8(1): 60-63