

ARTIKEL PENELITIAN

Pengaruh volumetrik e-glass fiber terhadap kekuatan transversal reparasi plat gigi tiruan resin akrilik

Pramudya Aditama*, Erwan Sugiatno*, Muhamad Rifqi Tri Nuryanto**

*Departemen Prostodonsia, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

**Program Profesi Dokter Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

*Jl Denta No 1 Sekip Utara, Yogyakarta, Indonesia; e-mail: pramudyaaditama@ugm.ac.id

ABSTRAK

Resin akrilik merupakan bahan yang sering digunakan dalam pembuatan basis gigi tiruan. Kekurangan dari bahan resin akrilik adalah mudah patah. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menambahkan E-glass fiber. Tujuan untuk mengetahui pengaruh volumetrik E-glass fiber terhadap kekuatan transversal reparasi plat gigi tiruan resin akrilik. Penelitian ini menggunakan tiga puluh plat resin akrilik kuring panas dengan ukuran $65 \times 10 \times 2,5$ mm. Spesimen dipreparasi untuk membentuk jarak 3 mm dan sudut bevel 45° . Subjek kemudian dibagi menjadi 3 kelompok, setiap kelompok terdiri dari 10 plat. Kelompok I (kontrol) tanpa diberikan penguatan fiber, kelompok II diperkuat dengan 3,7 vol % E-glass fiber, dan kelompok III diperkuat dengan 7,4 vol % E-glass fiber. Seluruh plat kemudian direndam dalam air destilasi selama satu hari pada suhu 37°C . Plat resin akrilik kemudian diuji menggunakan *Universal Testing Machine* untuk mengetahui kekuatan transversal dan data yang didapatkan dianalisis menggunakan Anova satu jalur dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$). Hasil menunjukkan terdapat perbedaan signifikan antara kekuatan transversal plat resin akrilik yang diperkuat dengan fiber dengan kelompok tanpa diperkuat fiber ($p < 0,05$). Kelompok yang diperkuat dengan 7,4 vol % E-glass fiber menunjukkan perbedaan signifikan (lebih tinggi) dibandingkan kelompok yang diperkuat dengan 3,7 vol % fiber. Kesimpulan bahwa peningkatan volume dari E-glass fiber dapat meningkatkan kekuatan transversal reparasi plat gigi tiruan resin akrilik.

Kata Kunci: e-glass fiber, kekuatan transversal, reparasi gigi tiruan resin akrilik, volumetrik fiber

ABSTRACT: *The effect of e-glass fiber volumetric on transverse strength of an acrylic resin denture plate repair.* Acrylic resin is the most commonly material for the denture base. A disadvantage of acrylic resin is that it is easily to be cracked. One of the ways to resolve this problem is by adding the E-glass fibers. The purpose of this research was to find out the effect of volumetric E-glass fiber on transverse strength of an acrylic resin denture plate repair. The experiment involved thirty plates of heat cured acrylic with the dimensions of $65 \times 10 \times 2.5$ mm. The specimens were prepared to create a 3-mm gap and 45° bevel. Subjects were divided in to 3 groups, each of which contained 10. Group I (control) was with no fiber reinforcement, group II was reinforced with 3.7vol % E-glass fiber, and group III was reinforced with 7.4 volume % E-glass fiber. All plates were soaked in distillation water for one day at 37°C . Plates were tested for transverse strength with Universal Testing Machine and all data obtained was analyzed with one way anova at 95% confidence level ($\alpha= 0.05$). The significant difference was found between the transversal force of acrylic resin plat enforced with fiber and other group without being reinforced with fibers ($p<0.05$). Group reinforced with 7.4 vol % E-glass fibers showed a significant difference (higher) than the group reinforced with 3.7 volume % fibers. The addition of E-glass fibers in an acrylic resin plate repair material increased the transverse strength. The increase in volumetric fibers might improve the transverse strength of an acrylic resin plate repair material.

Keywords: e-glass fiber, transverse strength, acrylic denture repair, volumetric fiber

PENDAHULUAN

Resin akrilik adalah bahan yang paling banyak digunakan dalam bidang Kedokteran Gigi sebagai bahan basis gigi tiruan karena memiliki kekuatan yang baik, sifat fisik dan estetis yang baik, memiliki daya serap air yang rendah, perubahan dimensi kecil, dan mudah direparasi.¹ Masalah yang sering dijumpai pada pemakai gigi tiruan lepasan berbahan resin akrilik adalah fraktur atau patahnya

plat gigi tiruan.² Reparasi plat gigi tiruan resin akrilik umumnya dilakukan dengan mengaplikasikan resin baru pada sisi yang mengalami patah.³ Plat gigi tiruan yang terbuat dari bahan metil metakrilat dapat diperkuat dengan penambahan bahan penguatan ke dalam basis plat gigi tiruan untuk meningkatkan kekuatan transversal dan kemampuan dalam menerima tekanan.⁴

Beberapa upaya untuk meningkatkan kekuatan reparasi plat gigi tiruan resin akrilik telah dilakukan, seperti modifikasi pada bahan plat gigi tiruan atau dengan menambahkan *fiber*.⁵ Penggunaan *fiber* dalam resin akrilik telah dikembangkan secara luas. Hal ini karena *fiber* memiliki karakteristik antara lain: dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanik resin akrilik, dapat meningkatkan kekuatan plat resin akrilik, bentuk *fiber* yang mudah digunakan, mudah dalam pengaturannya, dan memiliki sifat estetik yang baik.⁶ *Fiber* merupakan material yang ideal untuk tambahan reparasi plat gigi tiruan resin akrilik. Jenis *fiber* yang paling banyak ditambahkan pada plat gigi tiruan yang fraktur adalah *glass fiber*.⁷ Keuntungan dari *glass fiber* adalah kekuatan, transparansi, dan harga yang relatif murah.⁸

Salah satu jenis *glass fiber* yang paling banyak diproduksi dan digunakan adalah jenis E-glass. E-glass *fiber* adalah tipe serat yang relatif murah dan memiliki kinerja mekanik yang baik. E-glass *fiber* memberikan sifat kekuatan yang baik dengan biaya yang terjangkau, serta memiliki kekuatan tarik dan tekan yang baik.⁹ Setiap bahan *fiber* memiliki kelebihan dan kekurangan, sehingga perlu diperhatikan sifat fisik bahan *fiber* yang ditambahkan pada plat gigi tiruan diantaranya adalah rasio *fiber*/matriks. Penentuan sifat fisik serta jumlah (volume) *fiber* yang tepat dalam resin akrilik mampu menghasilkan kekuatan yang lebih baik pada plat gigi tiruan resin akrilik.¹⁰ Volume *fiber* berhubungan dengan kemampuan mentransfer tegangan dari matriks ke *fiber*. *Fiber* yang ditempatkan secara benar dalam jumlah tepat dapat meningkatkan kekuatan gigi tiruan.¹¹

Bahan plat gigi tiruan resin akrilik dalam pemakaiannya harus dapat menahan beban yang terjadi selama proses penggunaan.¹ Gigi tiruan berbahan resin akrilik dengan nilai kekuatan transversal rendah akan lebih mudah patah pada waktu digunakan dibandingkan dengan resin akrilik dengan nilai kekuatan transversal yang lebih tinggi.¹² Penelitian ini dilakukan dengan

tujuan mengetahui pengaruh volumetrik E-glass *fiber* terhadap kekuatan transversal reparasi plat gigi tiruan resin akrilik. Pada tahun 2010 Unalan dkk. meneliti tentang kekuatan transversal PMMA yang diperkuat dengan E-glass *fiber* dengan bentuk dan konsentrasi yang berbeda. Pada penelitian kali ini penambahan E-glass *fiber* dilakukan pada tahapan reparasi dan perhitungan persentase *fiber* didasarkan pada persen volume (% vol).¹³

METODE PENELITIAN

Penghitungan volumetrik *fiber* dalam plat resin akrilik dengan membandingkan volume *fiber* dengan volume sampel plat resin akrilik. Fraksi volumetrik untuk 1 bundel E-glass *fiber* [(vol. 1 bundel E-glass *fiber*/vol. Sampel) x 100% = (60/1625) x 100% = 3,7 vol %]. Fraksi volumetrik untuk 2 bundel E-glass *fiber* [(vol. 2 bundel E-glass *fiber*/vol. Sampel) x 100% = (120/1625) x 100% = 7,4 vol %]. Subjek penelitian dibagi menjadi 3 kelompok, masing-masing kelompok berjumlah 10 batang uji resin akrilik. Kelompok I: kontrol, plat resin akrilik polimerisasi panas direparasi dengan resin akrilik baru (polimerisasi panas) tanpa *fiber*. Kelompok II: plat resin akrilik polimerisasi panas direparasi dengan menempatkan 3,7% fraksi volumetrik E-glass *fiber* pada *mould* preparasi dilanjutkan aplikasi resin akrilik baru (polimerisasi panas). Kelompok III: plat resin akrilik polimerisasi panas direparasi dengan menempatkan 7,4% fraksi volumetrik E-glass *fiber* pada *mould* preparasi dilanjutkan aplikasi resin akrilik baru (polimerisasi panas).

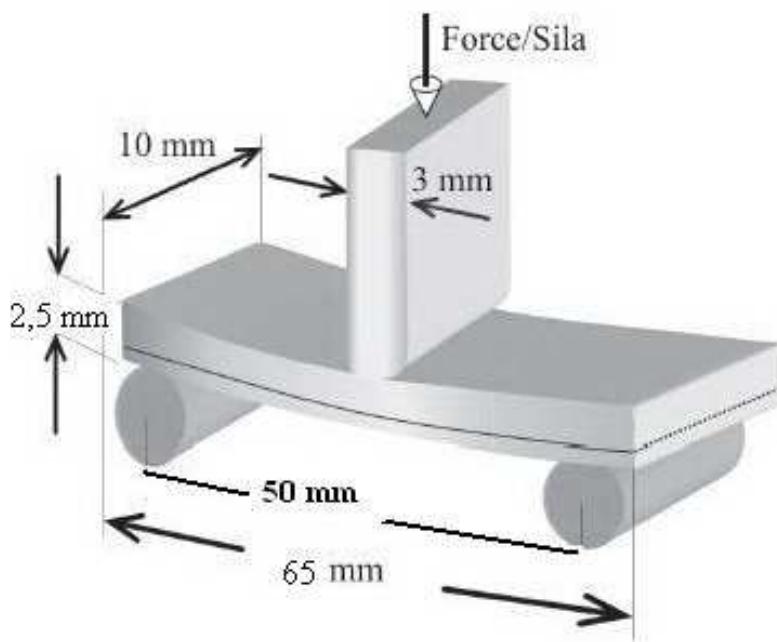
Sampel akrilik berbentuk persegi panjang ukuran 65 x 10 x 2,5 mm dengan modifikasi kavitas pada bagian tengahnya berukuran 30 x 5 x 2 mm dibuat dari cetakan logam dengan bentuk (sesuai dengan sampel) yang ditanam dalam kuvet berisi adonan *gips plaster*, setelah gips mengeras kemudian diolesi dengan vaselin dan dibuat kontra model. Cetakan logam diambil setelah kontra model mengeras sehingga terbentuk ruang cetakan (*mould*). *Mould* yang terbentuk dan kontra model diolesi dengan *Cold Mould Seal* (CMS)

agar resin tidak melekat pada *gips*. Monomer dan polimer resin akrilik dicampur dalam *stelon pot* dengan perbandingan sesuai ketentuan pabrik, yaitu 23 gram polimer dan 10 ml monomer. Adonan resin akrilik dimasukkan ke dalam cetakan setelah mencapai fase *dough*. Kuvet di-*press* hingga *metal to metal contact* dan dibiarkan 1 jam agar stabilitas dimensi lebih baik.¹⁴

Kuvet beserta *press* diproses dalam air bersuhu 70 °C selama 90 menit kemudian suhu dinaikkan sampai 100 °C selama 30 menit.¹⁵ Setelah proses selesai, kuvet dibiarkan sampai mencapai suhu kamar. Plat resin akrilik diambil dan dihaluskan dengan amplas no 300, 600, dan 1000 kemudian diukur dengan *sliding caliper*. Subjek penelitian dibuat 30 buah untuk 3 kelompok perlakuan. Masing-masing batang uji dibagi menjadi 2 sama panjang dan diberi tanda dengan menggunakan pensil. Batang uji dipotong menggunakan *carborundum disc* dan dibuat jarak 3 mm pada tepi preparasi (batang uji yang telah terpotong menjadi 2 dikurangi masing-masing 1,5 mm pada tepi preparasi). Pada tepi preparasi dibuat sudut kemiringan 45° untuk menambah retensi reparasi. Batang uji yang telah siap disambung diletakkan ke dalam *mould* yang telah disiapkan berukuran 65 x 10 x 2,5 mm.

Pembuatan adonan resin akrilik polimerisasi panas dengan perbandingan antara monomer dan polimer adalah 1 cc: 2,3 g. Pada kelompok I (kontrol tanpa *fiber*), adonan yang telah mencapai fase *dough* langsung ditempatkan pada *mould* preparasi, kontra model ditutupkan dan dilakukan pengepresan. Kuvet beserta alat *press* direbus ke dalam air bersuhu 100 °C selama 45 menit, setelah itu ditunggu hingga air menjadi dingin dalam suhu kamar kemudian batang uji yang telah direparasi diambil, dirapikan eksesnya, dipoles. Pada kelompok II sebelum penempatan adonan resin

akrilik terlebih dahulu diberikan bahan 1 bundel *E-glass fiber* ke dalam *mould* preparasi. Adonan resin akrilik yang telah mencapai fase *dough* ditempatkan pada *mould* preparasi, kontra model ditutupkan dan dilakukan pengepresan. Kuvet beserta alat *press* direbus ke dalam air bersuhu 100 °C selama 45 menit, setelah itu ditunggu hingga air menjadi dingin dalam suhu kamar kemudian batang uji yang telah direparasi diambil, dirapikan eksesnya, dipoles. Pada kelompok III sebelum penempatan adonan resin akrilik terlebih dahulu diberikan bahan 2 bundel *E-glass fiber* yang disusun bersebelahan ke dalam *mould* preparasi. Adonan resin akrilik yang telah mencapai fase *dough* ditempatkan pada *mould* preparasi, kontra model ditutupkan dan dilakukan pengepresan. Kuvet beserta alat *press* direbus ke dalam air bersuhu 100 °C selama 45 menit, setelah itu ditunggu hingga air menjadi dingin dalam suhu kamar kemudian batang uji yang telah direparasi diambil, dirapikan eksesnya, dipoles. Sebelum dilakukan uji kekuatan mekanik, sampel disimpan dalam inkubator dengan direndam di *aquadest* pada suhu 37 °C selama 24 jam. Perendaman ini bertujuan untuk memperoleh kondisi yang sama dengan kondisi oral dan *equilibrium water sorption*.¹⁶ Uji kekuatan trasversal dikerjakan dengan alat *universal testing machine*. Uji ini dilakukan dengan meletakkan sampel pada papan penyangga dengan jarak tumpuan 2 titik sejauh 50 mm (L), kemudian sampel dibebani tepat di tengahnya sampai patah. Pada layar monitor akan muncul suatu angka (P) yang merupakan berat beban yang dikenakan untuk mematahkan sampel plat resin akrilik. Selanjutnya data pengukuran yang diperoleh dimasukkan ke dalam rumus (S) yang digunakan untuk menghitung nilai kekuatan transversal (MPa) setiap sampel plat resin akrilik.



Gambar 1. Skema Simulasi pengukuran kekuatan transversal pada batang uji (dimodifikasi dari Vojvodicdkk)¹⁷

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian diawali dengan pembuatan sampel di Laboratorium Riset Terpadu FKG UGM kemudian dilanjutkan dengan pengujian kekuatan transversal di Laboratorium Bahan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik UGM. Pengujian kekuatan transversal terhadap sampel berupa plat resin akrilik dengan ukuran $65 \times 10 \times 2,5$ mm serta volumetrik *fiber* menunjukkan jika plat resin akrilik yang direparasi dengan penambahan E-glass *fiber* dengan volumetrik 7,4% menghasilkan kekuatan transversal tertinggi dibandingkan kelompok subjek penelitian yang lain. Secara umum, rerata kekuatan transversal pada semua kelompok dengan volumetrik yang lebih tinggi memperlihatkan adanya kecenderungan peningkatan kekuatan transversal. Peningkatan terjadi seiring dengan penambahan volumetrik *fiber* (Tabel 1).

Hasil uji normalitas menggunakan *Shapiro-Wilk* menunjukkan nilai $p=0,15$. Uji homogenitas data kekuatan transversal dilakukan menggunakan *Levene's Test*. Hasil uji homogenitas menunjukkan nilai $p=0,067$. Pada uji ANAVA 1 jalur, hasil perhitungan *F* untuk variabel volumetrik *fiber* sebesar 23,5 dengan signifikansi 0,000 ($p<0,05$). Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa volumetrik *fiber* berpengaruh bermakna terhadap kekuatan transversal reparasi plat resin akrilik. Hasil analisis *post hoc Tukey* untuk seluruh kelompok dengan variasi jenis dan volumetrik menunjukkan terdapat perbedaan bermakna antara kekuatan transversal dalam seluruh kelompok perlakuan ($p<0,05$) (Tabel 2).

Tabel 1. Rerata dan standar deviasi kekuatan transversal (MPa) reparasi plat resin akrilik yang diperkuat E-glass *fiber* dengan volumetrik yang berbeda

Kelompok	N	Rerata	Standar Deviasi	Minimum	Maksimum
Akrilik reinforced 3,7% E-glass <i>fiber</i>	10	96,72	5,43	91,92	104,16
Akrilik reinforced 7,4% E-glass <i>fiber</i>	10	109,44	4,98	103,44	116,28
Akrilik tanpa <i>fiber</i>	10	56,27	4,7	51,24	61,80

Tabel 2. Rangkuman uji Tukey kekuatan transversal reparasi plat resin akrilik yang diperkuat E-glass fiber dengan variabel volumetrik

Post Hoc Tukey			
Kelompok	3,7% E-glass	7,4% E-glass	Tanpa fiber
3,7% E-glass		-12,72*	40,45*
7,4% E-glass			53,17*
Tanpa fiber			

*= berbeda bermakna ($p<0,05$)

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan adanya perbedaan rerata kekuatan transversal antara plat resin akrilik yang diberikan penguat E-glass fiber dengan yang tanpa diperkuat fiber. Hal ini disebabkan E-glass fiber mampu mengurangi tekanan yang diterima oleh resin akrilik sebagai plat gigi tiruan yang mempunyai kelemahan mudah patah. Bahan fiber memiliki peranan terhadap sifat-sifat mekanik diantaranya adalah memiliki kekuatan impak yang baik, yaitu kekuatan atau gaya tahan suatu bahan agar tidak mudah patah bila mendapat gaya yang besar dalam bentuk tekanan secara tiba-tiba. Bahan fiber juga memiliki kekuatan *fatigue* yaitu ketahanan yang baik terhadap gaya yang berulang-ulang selama periode waktu tertentu, selain itu bahan fiber memiliki modulus elastisitas atau modulus kelenturan yang tinggi.¹⁶ Terdapat beberapa cara untuk meminimalkan tekanan yang dapat mengurangi fraktur suatu material diantaranya dengan mendistribusikan tekanan ke bahan yang memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi.¹⁴

Ketika sebuah benda batang diberi beban akan terjadi pendistribusian tekanan. Tekanan pada bahan homogen akan didistribusikan merata pada semua bagian bahan.¹⁸ *Fiber reinforced* plat resin akrilik dapat dianggap sebagai bahan homogen walau kandungan bahannya tidak sama dalam satu materi. *Fiber* dapat digunakan sebagai bahan penguat resin akrilik jika melekat dengan baik pada matriks polimer, oleh karena itu penambahan E-glass fiber dalam penelitian ini dilakukan pada saat campuran monomer dan polimer resin akrilik dalam fase *dough*. Pada saat ini viskositas campuran masih rendah sehingga semua fiber dapat seluruhnya terbasahi oleh monomer sehingga adhesi antara fiber dan matriks polimer menjadi baik,

akibatnya kekuatan transversal menjadi meningkat. Adhesi berpengaruh terhadap kemampuan fiber dalam memperkuat plat resin akrilik. Keberhasilan reparasi plat gigi tiruan bergantung pada fenomena adhesi, bahkan reparasi dan permukaan yang akan disambung harus dapat melekat satu sama lain.⁵ Adhesi dapat terjadi apabila dua substansi yang berbeda melekat sewaktu kontak disebabkan gaya tarik menarik yang timbul. Suatu ikatan yang kuat dapat terjadi oleh karena mekanisme saling ikat yang terjadi sewaktu cairan mengeras.¹

Pada Tabel 2, hasil uji ANAVA satu jalur memperlihatkan peningkatan volumetrik E-glass fiber berpengaruh terhadap kekuatan transversal. Pada benda homogen, penambahan volumetrik fiber akan menambah kemampuan mendistribusi tekanan dan menghasilkan resultan gaya yang lebih kecil karena penyerapan tekanan yang lebih banyak. Pada penambahan fiber tekanan yang dihasilkan akan kecil sehingga mengakibatkan timbulnya kemampuan menahan perubahan bentuk yang berakibat fraktur.¹⁹ Kekuatan dari *fiber reinforced composite* (FRC) dipengaruhi oleh volume fiber, kekuatan fiber, volume polimer matrik, dan kekuatan polimer matrik, sehingga kekuatan transversal akan berbanding lurus dengan volume fiber dengan ketentuan bentuk dan ukuran yang sama.²⁰ Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan transversal dipengaruhi oleh volumetrik fiber.

Berdasarkan uji Tukey (Tabel 2) memperlihatkan perbedaan kekuatan transversal antar kelompok reparasi gigi tiruan resin akrilik, yaitu kelompok reparasi tanpa diperkuat dengan fiber, kelompok reparasi plat resin akrilik dengan diperkuat 3,7% E-glass fiber, dan kelompok reparasi plat resin akrilik dengan diperkuat 7,4% E-glass fiber. Plat resin akrilik tanpa fiber

menunjukkan rerata paling rendah dibandingkan kelompok dengan penambahan *fiber*. Hal ini karena bahan *fiber* memiliki modulus elatisitas yang lebih tinggi sehingga lebih tahan terhadap tekanan. Hasil ini sesuai dengan Penelitian Yu dkk. yang meneliti penambahan *glass fiber* dalam resin akrilik dimana penambahan 5,3% dan 7,9% *glass fiber* menghasilkan kekuatan transversal tertinggi pada plat resin.²¹ Tekanan yang diterima plat resin terbagi oleh polimer dan *fiber*. Penelitian terdahulu juga telah mengevaluasi pengaruh berbagai jenis *fiber* terhadap kekuatan transversal bahan resin, seluruh kelompok kontrol tanpa *fiber* menunjukkan kekuatan transversal yang lebih rendah.¹⁹

Pada penelitian ini terlihat jika plat resin akrilik yang direparasi tanpa tambahan *fiber* menghasilkan rerata kekuatan transversal di bawah 60 MPa. Kekuatan transversal yang harus dimiliki oleh bahan resin akrilik sebagai plat gigi tiruan dalam rongga mulut minimal adalah 60-65 Mpa,¹⁴ sehingga penambahan *fiber* dalam reparasi plat resin akrilik dapat dijadikan pilihan. Kekuatan yang lebih tinggi dari standar minimal plat resin akrilik diperlukan karena kekuatan gigitan pada gigi anterior manusia dapat mencapai 132,748 MPa, sedangkan pada gigi posterior mencapai 237,169 Mpa,²² sehingga penentuan jenis dan volumetrik *fiber* sebagai bahan penguat reparasi plat resin akrilik diperlukan untuk meningkatkan kekuatan mekanik dari plat resin akrilik.

KESIMPULAN

Penambahan volumetrik E-glass *fiber* dapat meningkatkan kekuatan transversal reparasi plat gigi tiruan resin akrilik. Volume E-glass *fiber* 7,4% menghasilkan kekuatan transversal teringgi. Setelah dilakukan penelitian dan mengetahui hasil yang didapat, maka penambahan E-glass *fiber* dengan volumetrik 7,4% dapat dijadikan pertimbangan dalam reparasi plat gigi tiruan resin akrilik. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menambahkan volumetrik E-glass *fiber* lainnya hingga ditemukan volumetrik E-glass *fiber* terbaik yang dapat dijadikan pilihan sebagai bahan penguat reparasi plat gigi tiruan resin akrilik dikarenakan

kekuatan transversal pada volumetrik 7,4% masih jauh jika dibandingkan dengan kekuatan gigitan maksimal yang mungkin dilakukan oleh manusia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh dana hibah penelitian dosen, dana masyarakat Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Gadjah Mada tahun anggaran 2014.

DAFTAR PUSTAKA

1. Combe EC. Sari dental material (terj.). Jakarta: Balai Pustaka; 1992. 27 – 32.
2. Gunadi HA, Margo A, Burhan LK, Suryatenggara F, Setiabudi L. Buku ajar ilmu geligi tiruan sebagian lepasan. Jilid 1 Cetakan II. Jakarta: Penerbit Hipokrates; 1995. 197 – 202.
3. Freilich MA, Meiers JC, Duncan, Goldberg AJ. Fiber reinforced composite in clinical dentistry. Chicago: Quintessence Publishing; 2007. 9 – 14, 98 – 99.
4. Uzun G, Keyf F. The effect of woven, chopped and longitudinal glass fibers reinforced on the transverse strength of a repair resin. J Of Biomat App. 2001; 15: 351 – 257.
5. Colvenkar SS, Aras MA. In vitro evaluation of transverse strength of repair heat cured denture base resins with and without surface chemical treatment. J Indian Prosthet Dent. 2008; 8(2): 87 – 93.
6. Jubhari EH. Penggunaan jaring penguat sambungan untuk memperbaiki kekuatan hasil reparasi lempeng akrilik. 2003. Diakses dari <http://www.pdgi-online.com>. Diunduh 14 September 2013.
7. Freilich MA, Meiers JC, Duncan, Goldberg AJ. Fiber reinforced composite in clinical dentistry. Illionis: Quintessence Publishing Co; 2000. 10, 73 – 76.
8. Le Bell-Rönnlöf, Anna-Maria. Fiber reinforced composites as root canal posts. Turku Finland: 2007. 95 – 101.

9. Ballo AM. Fiber reinforced composite as oral implant material. Turku Finland: Painosalama Oy; 2008. 27.
10. Febriani M. Pengaruh penambahan serat pada basis gigi tiruan resin akrilik. *Jurnal Ilmiah dan Teknologi Kedokteran Gigi. FKG UPDM (B)*. 2003; 129 – 132.
11. Narva KK, Lassila LVJ, Vallittu PK. The static strength and modulus of fiber reinforced denture base polymer. *J Dent Mat.* 2005; 21: 421 – 428.
12. Lindawati MS, Rahardjo WT, Himawan SL, Soelistijani P. Pengaruh pemakaian desinfektan terhadap transverse strength resin akrilik yang pengerasannya dengan pemanasan. *Jurnal Kedokteran Gigi Indonesia.* 1997; (4): 169 – 174.
13. Unalan I, Dikbas, O Gurbuz. Transverse strength of poly-methylmethacrylate reinforced with different forms and concentrations of e-glass fibres. *OHDMBSC.* 2010; 9(3): 144 – 147.
14. Anusavice KJ. Buku ajar ilmu bahan kedokteran gigi (terj.). 10th ed. Jakarta: EGC; 2004. 98 – 99.
15. American Dental Association. Dentist's desk reference: materials, instruments and equipment. 2nd ed. Chicago; 1983. 125.
16. Power JM, Sakaguchi RL. *Craig's restorative dental materials.* 12th ed. St. Louis: Elsevier; 2006. 524.
17. Vojvodic D, Komar D, Schauperl Z, Celebic A, Mehulic K, Zabarovic D. Influence of different glass fiber reinforcements on denture base polymer strength (fiber reinforcements of dental polymer). *Med Glas.* 2009; 6(2): 227 – 234.
18. Yusof A. 2001. *Mekanika bahan dan struktur.* Johor: Universitas Teknologi Malaysia; 2001. 31.
19. Ellakawa AE, Shortall AC, Marquis PM. Influence of different techniques of laboratory construction on the fracture resistance of fiber reinforced composite bridges. *J Contemp Dent Prac.* 2004; (5)4: 1 – 13.
20. Alander P, Lassila LV, Vallittu PK. The span length and cross-sectional design affect values of strength. *Dent Mater.* 2005; 21: 347 – 353.
21. Yu SH, Yon L, Seunghan OH, Hye WCHO, Yutaka ODA, Ji MBAE. Reinforcing effects of different fibers on denture base resin based on the fiber type, concentration, and combination. *Dental Materials Journal.* 2012; 31(6): 1039 – 1046.
22. Houston TE. *Bite Force and Bite Pressure: Comparasion of Human and Dogs.* 2003. Diakses dari <http://www.glapbta.com/BFBP.pdf>. Diunduh 1 November 2014