
PENGARUH PENAMBAHAN *SILANE* PADA *GLASS FIBER NON DENTAL* TERHADAP PERSENTASE DAN VOLUME PENYERAPAN AIR *FIBER REINFORCED COMPOSITE*

Friliyan Ladiora, Widya Puspita Sari, Okmes Fadriyanti

Bagian Prosthodonti, FKG Universitas Baiturrahmah

Jl. Raya By. Pass KM. 14 Sei Sapih, Padang

Email : wedeye.pees@gmail.com

KATA KUNCI

Silane coupling agent, Glass fiber non dental, Fiber reinforced composites

ABSTRAK

Penyerapan air merupakan salah satu sifat resin komposit yang berpengaruh terhadap kekuatan, daya tahan abrasi, volume dan stabilitas warna. *Silane* berfungsi untuk membentuk ikatan tahan lama antara bahan organik dan anorganik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan *silane* pada *glass fiber non dental* terhadap penyerapan air *fiber reinforced composite*, jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimental laboratorium, dengan sampel penelitian adalah *glass fiber non dental* dengan *silane* dan *glass fiber nondental* tanpa *silane* serta *E-glass fiber dental* dengan menggunakan uji *Kruskall-Wallis*. Hasil penelitian menunjukkan rerata penyerapan air dengan nilai rerata terendah pada kelompok *fiber non dental dengan silane* dan tertinggi pada kelompok *fiber non dental tanpa silane*, uji *Kruskall-Wallis* didapat nilai $p=0,077>0,05$, dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh penambahan *silane* terhadap penyerapan air *fiber reinforced composites* dan hasil analisis *Mann-Whitney* pada data penyerapan air menunjukkan perbedaan bermakna antar kelompok hanya terjadi pada *fiber non dental dengan silane* dan *tanpa silane* ($p<0,05$) sedangkan pada kelompok lainnya berbeda tidak bermakna ($p>0,05$)

KEYWORDS

Silane coupling agent, Glass fiber non dental, Fiber reinforced composites

ABSTRACT

Water absorption is one of composite resin characteristics that effect the strength durability to abrasion, volume and colour stability. Silane has function to form long-lasting bond between organic and inorganic. The purpose of this research was to find out the effect of silane addition on glass fiber non dental toward fiber reinforced composite water absorption. Research type that used is experimental laboratory with the sample is glass fiber non dental with silane and glass fiber non dental without silane and E-glass fiber dental by using one Kruskall-Wallis test. The result showed the average of water absorption with lowest average value was on fiber non dental with silane group and the highest was on fiber non dental without silane group, Kruskall-Wallis test got $p=0.077>0.05$. It can be concluded that there was no effect of silane addition toward water absorption of fiber reinforced composite and analysis result of Mann-Whitney test on absorption water data showed significant difference among the groups that just happened on fiber non dental with silane and without silane ($p<0.05$) whereas on other groups were different or not significant ($p>0.05$).

PENDAHULUAN

Material komposit adalah material kombinasi antara dua atau lebih material yang memiliki sifat yang sangat berbeda¹. Dalam ilmu kedokteran gigi istilah resin komposit secara umum mengacu pada penambahan polimer yang digunakan untuk memperbaiki enamel dan dentin. Resin komposit digunakan untuk mengganti struktur gigi dan memodifikasi bentuk dan warna gigi sehingga akhirnya dapat mengembalikan fungsinya. Resin komposit dibentuk oleh tiga komponen utama yaitu resin matriks, partikel bahan pengisi, dan bahan *coupling*. Bahan *coupling* (*silane*) diperlukan untuk memberikan ikatan antara bahan pengisi anorganik dan matriks resin².

Secara fisik resin komposit memiliki nilai estetik yang baik, sedangkan secara mekanis tidak berikatan secara kimia dengan email³. Resin komposit memiliki kekentalan atau viskositas yang tinggi, hal ini mengakibatkan sulitnya mencapai adaptasi marginal⁴ serta proses polimerisasi resin komposit tidak pernah sempurna, sehingga terdapat sisa monomer. Sisa monomer akan mempengaruhi sifat fisik dan biokompatibilitas suatu bahan⁵. Kekurangan dari resin komposit adalah adaptasi dengan tepi kavitas yang kurang baik, ketahanan pemakaian, porositas⁶, pengerutan polimerisasi, serta kekuatan kompresi dan fleksural yang rendah. Aplikasi *fiber* dalam resin komposit dapat meningkatkan kekuatan kompresi⁷, resistensi terhadap fraktur dan

memperkuat restorasi, meningkatkan sifat mekanis resin komposit⁴, meningkatkan kekuatan dan kekakuan, serta menurunkan *shrinkage*⁸.

Fiber reinforced composite (FRC) merupakan campuran antara matriks polimer yang diperkuat oleh sejumlah *fiber* yang sangat kecil⁹. *Fiber* yang biasa digunakan pada kedokteran gigi diantaranya adalah *glass fiber* dan *ultra highmolecular weight polyethylene fiber* UHMWPE¹⁰. *Polyethylene fiber* memiliki biokompabilitas baik, estetik¹¹, tahan terhadap korosi¹², mudah untuk dimanipulasi¹³, fleksibilitas yang tinggi dan berikatan baik dengan resin komposit¹⁴. Kekurangan *polyethylene fiber* yaitu kurang praktis karena membutuhkan proses pengetsaan, sifat *wetting* buruk¹⁵, serta tidak efektif dalam pembasahan *fiber* dengan matriks polimer¹⁸.

Glass fiber lebih sering digunakan dari pada *polyethylene fiber*¹⁵ karena *glass fiber* memiliki transparansi¹⁶ dan dengan struktur yang searah memiliki kekuatan dan kelenturan dua kali lebih kuat dari bahan *polyethylene fiber*¹⁷. Tipe *glass fiber* yang lebih sering digunakan di kedokteran gigi adalah *E-glass fiber*. *E-glass fiber* mempunyai kelebihan biokompatibilitas baik¹⁸ memiliki kekuatan kompresi¹⁹ dan estetika yang baik serta aman bagi pasien alergi nikel¹⁵. Kekurangan *E-glass fiber* diantaranya memiliki densitas yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan karbon dan

fiber organik, modulus tarik yang rendah, serta dapat mengalami abrasi¹⁹.

Di Indonesia *glass fiber dental* tersedia dalam jumlah terbatas dan memiliki harga yang relatif mahal¹⁵, namun demikian terdapat *glass fiber non dental* yang digunakan secara umum pada dunia teknik¹⁸. Pemeriksaan komposisi *glass fiber non dental* dengan teknik *X-Ray Fluorescence* (XRF) menunjukkan bahwa beberapa *glass fiber non dental* yang tersedia di Indonesia seperti *glass fiber mats*, *glass fiber roving* dan *woven roving* memiliki komposisi yang hampir sama dengan *E-glass fiber dental*¹⁵.

Penyerapan air merupakan salah satu sifat resin komposit yang berpengaruh terhadap kekuatan, daya tahan abrasi, volume dan stabilitas warna (Purba, 2014). Namun masalah utama pada resin komposit adalah pengerutan pada saat polimerisasi yang menyebabkan adanya celah sehingga menimbulkan adanya kebocoran mikro²⁰. Air dapat masuk ke dalam matriks resin melalui ruangan antar molekul yang dapat menyebabkan peregangan matriks yang dapat menurunkan sifat komposit resin dimana matriks resin memiliki sifat hidrofilik atau mampu menyerap air.

Molekul air yang terserap akan menginduksi degradasi pada resin komposit melalui dua mekanisme. Pertama, molekul air yang terserap akan berdifusi ke dalam rantai polimer dan mengisi ruang kosong di antara rantai polimer, kemudian ikatan polimer akan melunak dan mengembang menyebabkan

terlepasnya monomer. Kedua, molekul air juga menyebabkan degradasi pada ikatan siloksan (ikatan antara gugus silanol pada permukaan silika dan *silane coupling agent*) melalui reaksi hidrolisis. Komposisi *fiber* berperan penting pada stabilisasi kimia *fiber* dalam mencegah penyerapan air¹⁵. Adhesi antara *fiber* dengan matriks resin mempengaruhi kekuatan pada FRC sehingga diperlukannya bantuan *coupling agent* untuk memberikan ikatan²¹.

Adhesi *glass fiber* dan matriks polimer dapat ditingkatkan dengan menggunakan *silane coupling agent*. *Silane* berfungsi untuk membentuk ikatan tahan lama antara bahan organik dan anorganik²¹. *Silane* membentuk ikatan *siloxane* (Si-O-Si) dengan gugus hidroksil pada permukaan *glass fiber*. Gugus organo fungsional *silane* akan bereaksi dengan gugus fungsional pada matriks polimer sehingga kekuatan pelekatan antara *glass fiber* dan matriks polimer meningkat¹⁸.

METODE

Jenis penelitian yang dilakukan adalah eksperimental laboratoris. Kriteria sampel adalah lempeng *fiber reinforced composites* dengan jenis *glass fiber non dental*. Besaran sampel sebanyak 4. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang.

Bahan penelitian

- a. *Glass fiber non dental*
- b. *E-glass fiber dental*
- c. *Silane Coupling Agent*
- d. *Flowable composite*
- e. Aquades

Alat penelitian

- a. *Desiccator* untuk menyimpan *fiber* dan sampel.
- b. Cetakkan *mold* dari bahan logam dengan ukuran 25mm x 2mm x 2mm.
- c. Sarung tangan dan masker.
- d. *Glass plate* untuk alas dalam pembuatan sampel.
- e. *Celluloid strip* untuk penutup cetakan.
- f. Gunting untuk memotong *fiber*.
- g. *Microbrush* untuk mengaplikasikan *silane* pada *fiber*
- h. Mikropipet 2-20 μ l untuk mengambil *silane* sesuai dengan volume yang di butuhkan.
- i. Pinset untuk alat bantu meletakkan *fiber* pada posisi yang diinginkan dalam cetakan.
- j. *Plastic instrument* untuk merapikan dan meratakan matriks resin komposit.
- k. Pengereng *portable*
- l. *Aluminium foil* untuk menutup bagian yang tidak disinari.
- m. LED *light curing unit* untuk polimerisasi FRC.
- n. Kertas *abrasive* (amplas) 360 grit untuk mengurangi kelebihan dan menghaluskan FRC.

- o. Kaliver untuk mengukur sampel batang uji.
- p. Inkubator untuk menyimpan sampel FRC pada suhu 37 °C.
- q. *Conical tube* 50 ml (30 mm x 115 mm) untuk tempat/wadah perendaman sampel.
- r. Benang jahit untuk mengikat sampel yang akan dimasukkan dalam *conical tube*.
- s. Jarum jahit untuk melubangi tutup *conical tube*.
- t. *Tissue* atau kertas penyerap air untuk mengeringkan partikel air pada permukaan sampel sebelum ditimbang.
- u. Neraca digital elektronik dengan ketelitian 0,01 mg untuk menimbang berat dari sampel setelah perendaman.

Cara Kerja

Pemotongan *Fiber* Dan Menghitung Fraksi Volumetrik *Fiber* Dalam (Vol. %)

Glass fiber diukur dengan penggaris sepanjang 24 mm dan dipotong dengan gunting. *Fiber* ditimbang untuk menentukan berat (Untuk *fiber* yang akan dimasukkan ke dalam sampel, sebelum aplikasi *fiber* disimpan di dalam *desiccator* selama 24 jam). Selanjutnya pembuatan satu sampel tanpa *fiber* untuk menentukan berat sampel. Penimbangan berat *fiber* dan berat sampel tanpa *fiber* untuk menentukan berat sampel. Penimbangan berat *fiber* dan berat sampel tanpa *fiber* dilakukan dengan menggunakan neraca digital ketelitian 0,01 mg. Hasil pengukuran adalah: Berat 1 bundel *E-glassfiber dental* (W_f) = 6,3 mg. Berat

sampel/resin tanpa *fiber* (W_r) = 203,5 mg, volume = 100 mm³.

Densitas (massa jenis) dari matriks resin dan *E-glass fiber* dental dapat ditentukan dengan mengukur massa/berat benda dan volume, dimana dari pengukuran didapat hasil:

Mengukur densitas ($\rho = m/v$), didapat:

Densitas *E-glass fiber* (r_f) = 2,03 g/cm³

Densitas resin (r_r) = 2,6 g/cm³

Untuk menghitung *fraksi volumetrik fiber* pada sampel FRC yaitu dengan transformasi rumus:

$$V_f(\%) = \frac{W_f / r_f}{W_f / r_f + W_r / r_r} \times 100\%$$

Keterangan:

V_f = *Volumetrik fiber*

W_f = Berat 1 bundel *E-glass fiber dental*

W_r = Berat sampel/resin tanpa *fiber*

r_f = Densitas *E-glass fiber*

r_r = densitas resin

Fraksi volume 1 bundel *E-glass fiber*:

$$V_f(\%) = \frac{W_f / r_f}{W_f / r_f + W_r / r_r} \times 100\%$$

$$V_f(\%) = \frac{6,3 \text{ mg} / 2,6 \text{ g/cm}^3}{6,3 \text{ mg} / 2,6 \text{ g/cm}^3 + 203,5 \text{ mg} / 2,03 \text{ g/cm}^3} \times 100\%$$

$$V_f(\%) = \frac{2,41}{102,06} \times 100\%$$

$$V_f(\%) = 2,3 \text{ Vol } \%$$

Pengelompokkan sampel

- Kelompok -1 : 4 sampel tersiri dari *E-glass fiber dental* tanpa *silane*
- Kelompok -2 : 4 sampel terdiri dari *glass fiber non dental* + *silane*
- Kelompok -3 : 4 sampel terdiri dari *glass fiber non dental* tanpa *silane*

Pembuatan sampel

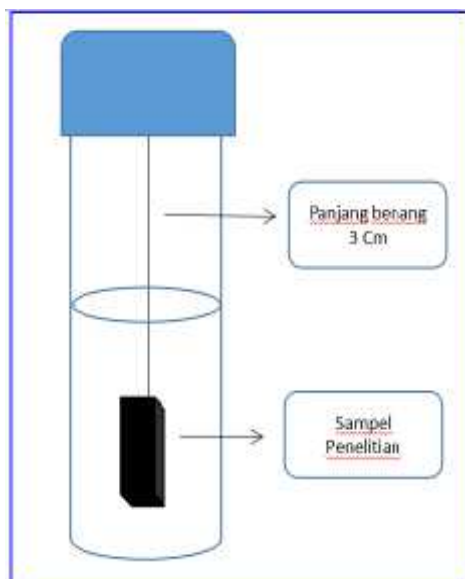
Cetakan logam diberi penanda pada tinggi 0,5 mm untuk peletakan resin dan *fiber*, lalu diletakkan di atas *glass plate*. *Flowable composite* diinjeksikan ke dalam *mould* sampai batas penanda (0,5 mm). Selanjutnya *glass fiber* disilanisasi (*silane* diambil dengan mikropipet sebanyak 7,5 μ l), didiamkan selama 1 menit dan selanjutnya di keringkan dengan pengering elektrik selama 1 menit. *Glass fiber* dimasukkan ke dalam cetakan, lalu *flowable composite* diinjeksikan kembali hingga seluruh permukaan *fiber* tertutup resin dan *mould* terisi penuh. Permukaan FRC ditutup dengan *celluloid strip* dilanjutkan dengan penyinaran menggunakan LED *light curing* tegak lurus terhadap sampel penelitian dengan jarak 2 mm. Diameter tip dari *light curing* berukuran 8 mm sedangkan panjang sampel 25 mm sehingga penyinaran dibagi menjadi 4 bagian dan masing-masing disinari 20 detik dengan bagian yang tidak disinari ditutup dengan aluminium foil. Setelah penyinaran selesai sampel dikeluarkan dari cetakan dan di polis kelebihannya dengan kertas abrasive (360 grit).

Pengukuran berat sampel

Sebelum dilakukan perendaman, sampel dari kelompok di timbang untuk mengukur berat sampel sebelum perendaman. Sampel dibersihkan dengan menggunakan *tissue* dan dilakukan penimbangan dengan neraca digital ketelitian 0,01mg untuk mendapatkan berat sampel sebelum perendaman.

Perendaman sampel

Sampel direndam dalam 20 ml aquades menggunakan *conical tube* yang telah dilubangi tutupnya menggunakan jarum jahit, kemudian dimasukkan benang melewati tutup *conical tube* kemudian diikatkan pada sampel. Setelah panjang benang mencapai 80 mm, sisa benang ditempelkan pada tutup *conical tube* dengan menggunakan isolasi. Sampel direndam dalam aquades pada suhu 37°C selama 7 hari yang disimpan dalam incubator (ISO 10477: 2004). Selanjutnya sampel dikeluarkan dari *conical tube* lalu dikeringkan dengan menggunakan tissue selama 10 detik dan di biarkan di udara selama 15 detik. Kemudian berat sampel setelah perendaman diukur menggunakan neraca digital ketelitian 0,01 mg, dihitung penyerapan air.



Gambar 3. Conical Tube

Penyerapan Air

Penyerapan air dapat diukur menggunakan rumus (ISO 4049: 1999 dalam Wei dkk., 2013):

$$\text{Perubahan berat (\%)} = (W_1 - W_2) / W_2 \times 100 (\%)$$

Keterangan :

- W₁ = berat setelah direndam dalam air
- W₂ = berat awal sebelum di rendam (berat dalam kondisi kering)

Jika volume dari siklus penyerapan air di hitung maka W₂ diganti dengan V maka penyerapan air dapat ditunjukkan dengan satuan $\mu\text{g} / \text{mm}^3$ seperti yang direkomendasikan dalam Internasional Standard (ISO 10477:2004).

$$\text{Penyerapan air } (\mu\text{g} / \text{mm}^3) = (W_1 - W_2) / V$$

Keterangan:

- W₁ : Berat setelah direndam dalam air
- W₂ : Berat awal sebelum di rendam (berat dalam kondisi kering)
- V : Volume dari tiap spesimen/sampel

Analisis data

Data jumlah penyerapan air dari sampel yang telah diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan *Kruskal-Wallis* untuk melihat pengaruh variasi komposisi dan *fraksi volumetrik fiber* terhadap perbedaan besarnya jumlah penyerapan air. Sebelumnya dilakukan uji normalitas dan homogenitas sebagai syarat yang harus dipenuhi untuk uji *Mann-Whitney*. Uji normalitas menggunakan *Shapiro-Wilk* sampel kurang dari 50, sedangkan uji homogenitas menggunakan *Levene's test* untuk menentukan dua atau lebih kelompok atau mempunyai variansi yang sama atau tidak.

HASIL

Penelitian telah dilakukan dengan judul pengaruh penambahan *silane* terhadap penyerapan air *fiber reinforced composites* di

Laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang. Hasil pengukuran menunjukkan rerata dan standart deviasi dari penyerapan air seperti tabel berikut :

Tabel 1. Rerata dan Standart Deviasi Penyerapan Air (%) FRC Dengan Komposisi Dan *Fiber* Yang Berbeda.

Kelompok	Penyerapan Air	
	Rerata	Std.deviasi
<i>Glass fiber non dental</i> dengan <i>silane</i>	1,26	0,172
<i>Glass fiber non dental</i> tanpa <i>silane</i>	3,83	1,516
<i>E-glass fiber dental</i>	2,98	1,817

Tabel 1 menunjukkan rerata penyerapan air dengan nilai rerata terendah pada kelompok *glassfiber non dental* dengan *silane* dan tertinggi pada kelompok *glassfiber non dental* tanpa *silane*. Pengolahan data

menggunakan program statistic *SPSS* dengan terlebih dahulu melakukan uji normalitas dengan uji *Shapiro-Wilk* dan uji *homogenitas* dengan uji *levene* dengan uraian sebagai berikut :

Tabel 2. Uji normalitas penyerapan air FRC menggunakan uji *Shapiro-Wilk*

Kelompok	Penyerapan Air	
	Statistik	p
<i>Fiber non dental</i> dengan <i>silane</i>	0,744	0,034
<i>Fiber non dental</i> tanpa <i>silane</i>	0,857	0,249
<i>E-glass fiber dental</i>	0,980	0,899

Tabel 2 menunjukkan hasil uji normalitas *Shapiro-Wilk* pada kelompok *glass fiber non dental* dengan *silane* menunjukkan nilai signifikan <0,05 dan pada kelompok *glass fiber non dental* tanpa *silane* dengan nilai

signifikan $\geq 0,05$. Hal ini dapat disimpulkan bahwa tidak semua kelompok terdistribusi normal. Uji homogenitas dilakukan dengan *Levene's test*. Hasil uji homogenitas dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 3. Uji homogenitas penyerapan air FRC menggunakan uji *Levene's Test*

Uji Homogenitas	Penyerapan Air	
	F	p
uji <i>Levene's Test</i>	4,981	0,035

Tabel 3 menunjukkan hasil uji homogenitas penyerapan air dengan nilai signifikan <0,05.

Hal ini dapat disimpulkan bahwa data tidak homogen.

Berdasarkan data diatas, maka untuk melihat pengaruh penambahan *silane* terhadap penyerapan air *fiber reinforced composites*

digunakan uji *non parametrik Mann-Whitney* dengan uraian sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil statistik *Kruskall-Wallis* pengaruh penambahan *silane* terhadap penyerapan air *fiber reinforced composites*

Uji <i>Kruskall-Wallis</i>	Sig	Batas Sig	Keterangan
Penyerapan Air	0,077	0,05	Tidak Signifikan

Tabel 4 Hasil uji statistik menggunakan uji *mann-whitney* didapat nilai $p=0,029 > 0,05$, dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh penambahan *silane* terhadap penyerapan air *fiber reinforced composites*.

Tabel 5. Hasil Uji Mann-Whitney penambahan *silane* terhadap penyerapan air *fiber reinforced composites*

Penyerapan Air Mann-Whitney		
(I) Kelompok	(J) Kelompok	Sig.
<i>Glass Fiber Non Dental Dengan Silane</i>	<i>Glass Fiber Non Dental Tanpa Silane</i>	0,029
<i>Glass Fiber Non Dental Dengan Silane</i>	<i>E-glass Fiber</i>	0,343
<i>Glass Fiber Non Dental Tanpa Silane</i>	<i>E-glass Fiber</i>	0,486

Tabel 5 hasil analisa *mann-whitney* pada data penyerapan air menunjukkan perbedaan bermakna antar kelompok hanya terjadi pada *glassfiber non dental* dengan *silane* dan tanpa *silane* ($p < 0,05$) sedangkan pada kelompok lainnya berbeda tidak bermakna ($p > 0,05$).

PEMBAHASAN

Suatu material dapat diaplikasikan di rongga mulut apabila telah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan, diantaranya penyerapan air yang rendah sesuai dengan kebutuhan rongga mulut. Penyerapan air dari *fiber reinforced composite* dengan *glass fiber non dental* dengan *silane* sebagai penguat perlu diamati,

karena saat bahan diaplikasikan di rongga mulut akan berada dilingkungan yang basah karena saliva dan cairan lain. Penyerapan air menghancurkan ikatan matriks *polimer fiber* dan menyebabkan *plastication* dari matriks polimer sehingga dapat mempengaruhi sifat mekanis.

Tabel 2 menunjukkan bahwa kelompok sampel yang diberi *glassfiber non dental* dengan *silane* memiliki rerata penyerapan air yang lebih rendah dibandingkan dengan kelompok *glassfiber non dental* tanpa *silane* dan *E-glass fiber*. Hal ini disebabkan karena *silane coupling agent* yang hidrofobik akan larut dalam konsentrasi yang rendah dan memberikan stabilitas *hidrolitik*²².

Hasil uji *kruskal-wallis* menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang bermakna antar semua kelompok, hasil analisa *mann-whitney* pada kelompok *glass fiber non dental* dengan *silane* dan *glass fiber non dental* tanpa *silane* menunjukkan terdapatnya pengaruh yang bermakna terhadap penambahan *silane* pada *glass fiber non dental* terhadap persentase dan volume penyerapan air *fiber reinforced composit*. *Silane coupling agent* dibutuhkan untuk membentuk ikatan yang baik antara matriks dengan *fiber* sehingga dapat meningkatkan ketahanan terhadap kelembaban²³. Penambahan *silane* berfungsi untuk meningkatkan adhesi pada permukaan komposit⁹. Peran *fiber* dalam mengurangi penyerapan air tidak terlepas dari adhesi yang kuat antara *glass fiber* dengan matriks polimer yang dihasilkan dari *silane coupling agent*²³.

Silane bertindak sebagai semacam perantaraobligasi bahan organik untuk bahan anorganik. Karakteristik *silane* berguna untuk meningkatkan kekuatan mekanik material komposit untuk meningkatkan adhesi, dan untuk resin modifikasi dan modifikasi permukaan (“Silanes Silicone Oligomers,” 2015). Sebelum mengalami reaksi kondensasi, *silane coupling agent* hidrofobik mengalami hidrosilis dalam konsentrasi yang rendah karena kandungan air didalamnya²².

Hasil uji *mann-whitney* menunjukkan bahwa terdapat pengaruh penambahan *silane* terhadap penyerapan air *fiber reinforced*

composites. Terdapatnya pengaruh antar dua kelompok dapat terjadi karena terdapatnya penyerapan air yang cukup berarti antar kelompok penelitian yang disebabkan oleh sifat adhesi antara matriks resin komposit *glassfiber non dental* dengan *silane* dan tanpa *silane*²³.

Faktor penyerapan air dapat dipengaruhi oleh fraksi volume/berat *fiber*, viskositas matriks, impregnasi *fiber* ke matriks serta kelembapan dan temperatur²⁴. *Silane coupling agent* dibutuhkan untuk membentuk ikatan yang baik antara matriks dengan *fiber* sehingga dapat meningkatkan ketahanan terhadap kelembaban²³. Penambahan *silane* berfungsi untuk meningkatkan adhesi pada permukaan komposit⁹. Peran *fiber* dalam mengurangi penyerapan air tidak terlepas dari adhesi yang kuat antara *glass fiber* dengan matriks polimer yang dihasilkan dari *silane coupling agent*²³.

Pada penelitian ini terlihat untuk sampel dengan *glass fiber non dental* dengan *silane* menghasilkan rerata penyerapan air 21.5 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$. Standar penyerapan air dari material menurut ISO 10477 adalah $<40 \mu\text{g}/\text{mm}^3$, kemungkinan *glass fiber non dental* dengan *silane* dapat menjadi alternatif dalam pembuatan *fiber reinforced composites* di kedokteran gigi, hal ini karena *glass fiber non dental* dengan *silane* mencapai hasil penyerapan air yang hampir sama dengan *E-glass fiber dental* pada volumetrik *fiber* yang sama.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh penambahan *silane* terhadap penyerapan air *fiber reinforced composites* maka dapat disimpulkan terdapat pengaruh penambahan *silane* terhadap persentase dan volume penyerapan air *fiber reinforced composites*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Lukkasen D., Meidell A., 2007, *Advanced Materials and Structures and Their Fabrication Process*. Narvik University Colleg, HIN.
2. Sinulingga A. 2011. *Microleakage* pada restorasi resin komposit. <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/24993>
3. Senjaya, T. 2012. Resin komposit. <https://taufiksenjaya.wordpress.com/2012/06/13/resin-komposit/>
4. Dhamayanti, I. 2013. Nugraheni Restorasi *Fiber Reinforced Composite* padagigi premolar pertama kanan mandibula pasca perawatan saluran akar. *Maj Ked Gi. Juni 2013; 20(1): 65-70*.
5. Destashia C.M. 2014. Pengaruh penambahan *polyethylene fiber* terhadap konsentrasi sisa monomer pada *reinforced composite* jenis *polyethylene fiber*. *Electronic Theses & Dissertations Universitas Gajah Mada*.
6. Lestari, S. 2015. Efek lama penyinaran terhadap kebocoran tepi tumpatan resin komposit flowable. <http://jurnal.unej.ac.id/index.php/STOMA/article/viewFile/2119/1732>
7. Fahrini, N. 2016. Pengaruh Penambahan E-glass Fiber Terhadap Kekutan Kompresi Resin Komposit Nanofil. <http://eprints.ums.ac.id/45369/1/NASKAH%20PUBLIKASI.pdf>
8. Septommy, W dan Rini. 2014. Pengaruh posisi dan fraksi volumetrik *Fiber polyethylene* terhadap kekuatan fleksural *fiber reinforced composite*. *Dent. J. (Maj. Ked. Gigi)*, Volume 47, Number 1: 52–56.
9. Khan AS, Azam MT, Khan M, Mian SA, Rehman IU. 2015. *An update on glass fiber dental restorative composite: a systematic review*. *MSE*.47: 26-39.
10. Widyapramana, Widjijono dan Sunarintyas S. 2013. Pengaruh kombinasi posisi *fiber* terhadap kekuatan fleksural dan ketangguhan retak *Fiber Reinforced Composite Polyethylene*. *IDJ*, Vol. 2 No. 2
11. Salehi P, Najafi HZ, Roeinpelkar SM. 2016. *Comparison of survival time between two types of orthodontic fixed retainer: a prospective randomized clinical trial*. www.progressinorthodontics.com.
12. Sudirman, A dan Ahmad Z R. 2011. *Modifikasi butt fusion plate polyethylene* dengan penambahan sistem pneumatik untuk mengurangi efek keregangan pada pengepresan. <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-NonDegree-14933-presentationpdf.pdf>
13. Karaman A, Kir N, Belli S. 2002. *Four application of reinforced polyethylene fiber material in orthodontic practice*. *AJODO*. 121: 650-54.
14. Agrawal, M. 2014. *Applications of ultra molecular weight polyethylene fibres in dentistry*. *Journal of Advanced Medical and Dental Sciences Research* [Vol.2] [Issue 2]
15. Sari WP, Sumantri D, Imam DNA, Sunarintyas S. 2014. Pemeriksaan komposisi *glass fiber* komersial dengan teknik *x-ray fluorescence spectrometer (XRF)*. *Jurnal B-Dent*. 2014;1(2): 155-59.
16. Le Bell-Rönnlöf AM., 2007. *Fibre-reinforced composites as root canal posts*. Thesis. Finland: University of Turku
17. Aditama, P, Siti S, dan Widjijono. 2015. Pengaruh Jenis dan Volumetrik *Fiber* terhadap Kekuatan Transversal Reparasi Plat Resin Akrilik. <https://jurnal.ugm.ac.id/mkgi/article/view/9021>
18. Imam D.N.A, S. Sunarintyas dan Nuryono. 2015. Pengaruh komposisi *Glass Fiber* non dental dan penambahan *silane* terhadap kekuatan geser *fiber reinforced composite* sebagai retainer ortodontisi. *Maj Ked Gi Ind*. Juni 2015; 1(1): 53 –58.
19. Zhang, M, Matinlinna, JP. 2012. *E-glass fiber reinforced composites in dental application*. *Springer*. 2012; 4:73-78
20. Todd, J.C., Wanner, M., 2013. *Scientific Documentation Tetric Evoceram Bulk Fill*, *Liechtenstein : Ivoclar Vivadent AG R&D*.
21. Gelest Inc. *Silane coupling agents: connecting across boundaries*. www.gelest.com/goods/pdf/couplingagents.pdf, diunduh pada 14/06/2016.
22. Dow, C. 2009. *Fiberglass and Composite*.

- <http://www.xiameter.com>. Farahanny, W. 2010. *Fiber reinforced composit resin (FRC) sebagai pasakdan inti*. repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/173/1/10E00017.pdf
23. Wang, R., Zheng, S., dan Zheng, G. 2011. *Polymer Matrix Composites and Technology*. Elsevier: St.Louis, Missouri. 33-44
24. Balaguru, V., Ganesh, T.N Jappes, J.T.W., dan Siva I., 2009, Effect of Water Absorption on The Mechanical Properties of Fiber Reinforced Polyester Composite. *IJAEA*. 2(2) : 5-9.