

# PENGARUH JUMLAH APLIKASI SILANE TERHADAP KEKERASAN FIBER REINFORCED COMPOSITE

Ariyani Faizah<sup>1\*</sup>, Fatima Ika Pratiwi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Muhammadiyah Surakarta

## ABSTRAK

*Fiber reinforced composite (FRC)* merupakan kombinasi antara resin komposit dan *fiber* yang dilapisi *silane*. *Silane coupling agent* merupakan bahan *silicon-based* yang berfungsi membentuk ikatan antara resin komposit dan *fiber*. Pengaplikasian *silane* melalui dua proses yaitu hidrolisis dan kondensasi. Mekanisme kerja *silane* dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya volume. Sejumlah *silane* diaplikasikan dalam pola jumlah aplikasi dan cara yang tepat. Cara dan volume aplikasi *silane* dapat mempengaruhi penyerapan air yang akan berdampak pada peningkatan adhesi dan kekuatan mekanik salah satunya kekerasan dari material tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya pengaruh jumlah aplikasi *silane* terhadap kekerasan FRC. Penelitian ini merupakan eksperimental murni. Sampel berjumlah 32, dibagi menjadi kelompok I satu kali aplikasi, volume 0,58 µl dan satu kali pengeringan 60 detik, kelompok II dua kali aplikasi, volume 0,29 µl dan dua kali pengeringan 30 detik. Sampel FRC berbentuk *disk* diameter 5 mm x tinggi 2 mm. Pengujian tingkat kekerasan menggunakan *Vickers Indenter Microhardness Tester*. Uji *Independent T-test* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan bermakna antar kelompok dengan nilai signifikansi  $p=0,000$  ( $p<0,05$ ). Jumlah aplikasi *silane* berpengaruh terhadap kekerasan FRC dan jumlah aplikasi *silane* yang paling efektif digunakan adalah dua kali pengaplikasian *silane* dengan volume 0,29 µl dan dua kali pengeringan selama 30 detik.

**Kata kunci:** *fiber reinforced composite (FRC)*, jumlah aplikasi *silane*, kekerasan

## ABSTRACT

*Fiber reinforced composite (FRC)* is a combination of composite resin and silane coated fiber. Silane coupling agents are silicon-based chemicals that bonds between composite resin and fiber. The application of silane causes two processes, It is hydrolysis and condensation. The mechanism of silane work is influenced by several factors, one of them is volume, giving the right volume of silane can reduce the absorption of water will have an impact on increasing adhesion and mechanical strength, one of is the hardness of the material. This research was to find the effect of number of silane applications on FRC hardness. This research is a laboratory experimental. 32 sample with two groups, group I is one application of silane with a volume of 0.58 µl and one time drying for 60 seconds, group II is two application of silane with a volume of 0.29 µl and twice drying for 30 seconds. The sample is disk-shaped with diameter of 5 mm x height 2 mm. Hardness testing uses Vickers Indenter Microhardness Tester. The result of research shows the difference between test was calculated by using the Independent t-test. The results of the research showed that there are significant differences between groups with a significance value of  $p = 0,000$  ( $p < 0.05$ ). The effect of number of silane applications toward hardness of FRC and the number of silane applications that is most effectively used is twice the application of silane with a volume of 0.29 µl and twice drying for 30 seconds.

**Keywords:** *fiber reinforced composite (FRC)*, number of silane applications, hardness

---

\*) Penulis Korespondensi.

E-mail: [af166@ums.ac.id](mailto:af166@ums.ac.id)

Jl. Kebangkitan Nasional No. 101 Penumping,  
Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia

Submisi : 21 September 2022; Revisi : 22 November  
2022; Penerimaan 1 Desember 2022

## PENDAHULUAN

Sampai saat ini teknologi dan material kedokteran gigi terus berkembang sangat pesat. Tuntutan peningkatan kualitas material serta kecanggihan teknologi semakin mendukung perkembangan material kedokteran gigi. Material restorasi gigi menjadi salah satu fokus para

praktisi kedokteran gigi, karena meningkatnya kasus kerusakan dan kehilangan gigi akibat karies, trauma, dan penyakit periodontal yang dituntut untuk mengembalikan fungsi dan estetika, yang berpengaruh terhadap kualitas hidup dari pasien.<sup>[1]</sup>

Salah satu material yang dikembangkan dalam bidang kedokteran gigi ialah *fiber reinforced composite* (FRC). FRC merupakan material bebas logam, kombinasi dari resin komposit dan *fiber* yang mempunyai nilai estetika dan adhesif yang baik. Kelebihan FRC ialah estetika baik, biokompatibilitas baik, tahan korosi, mencegah fraktur pada restorasi,<sup>[2]</sup> serta pengerjaan satu kali kunjungan. FRC terdiri dari resin komposit, *fiber*, dan *silane*. Resin komposit berfungsi untuk memegang *fiber* serta meneruskan tekanan antar *fiber* sedangkan fungsi *fiber* adalah untuk memperkuat dan memberikan stabilitas maupun kekakuan.<sup>[3]</sup> *Silane* berfungsi membentuk ikatan yang tahan lama antara resin komposit dan *fiber*, dengan membentuk ikatan *siloxane* (Si-O-Si) dengan gugus hidroksil di permukaan *glass fiber*, kemudian bereaksi dengan gugus fungsional pada resin komposit sehingga berpengaruh terhadap meningkatnya kekuatan perlekatan *glass fiber* dengan resin komposit.<sup>[4]</sup>

Cara kerja *silane* melalui beberapa tahap yaitu hidrolisis dan kondensasi. Pada proses hidrolisis terjadi proses pengaktifan *silane* yaitu perubahan dari *silane* menjadi *silanol* (SiOH) yang merupakan *protonasi* cepat dan *reversible* dari gugus *alkoksisilane*. Proses hidrolisis terjadi ketika awal dilakukannya pengeringan *silane*, dimana gugus hidroksil yang terdapat pada permukaan *fiber* akan bereaksi dengan gugus *silanyl* yang terdapat pada *silane* yang akan menghasilkan gugus *alkoksisilane*. Pembentukan gugus *alkoksisilane* akan mengubah *silane* menjadi *silanol* yang merupakan *protonasi* cepat dan reversibel dari gugus *alkoksisilane* yang diikuti substitusi *nukleofilik bimolekuler* pada *silicon*. Setiap reaksi yang terjadi pada gugus *alkoksisilane* membutuhkan zat pelarut atau air dengan kadar yang tepat, dimana untuk satu gugus *alkoksisilane* membutuhkan tiga molekul air. Gugus *alkoksisilane* selama proses hidrolisis berlangsung akan mengalami perubahan dari gugus *monoalkoksisilane* menjadi gugus *dialkoksisilane* dan gugus *triakoksisilane*. Gugus *triakoksisilane* ini yang memiliki peranan penting terhadap kekuatan adhesi pada *fiber* dan resin komposit dalam FRC.<sup>[5]</sup> Selama proses perubahan gugus terjadi bersamaan dengan proses perubahan fisik dari *silane* yang awalnya bersifat cair ke

kental atau semakin padat berdasarkan banyaknya penambahan *silane*.<sup>[6]</sup> Proses selanjutnya adalah proses kondensasi yaitu molekul *silanol* berubah menjadi bentuk *oligomer* dengan ukuran yang dipengaruhi oleh suhu, kelarutan, dan pH.<sup>[7]</sup> Pada proses kondensasi nantinya akan terbentuk ikatan kovalen.<sup>[8]</sup> *Silanization* merupakan proses yang dimulai dari absorpsi *silanol*, kemudian polimerisasi, dan terakhir pembentukan ikatan kovalen yang terjadi pada permukaan substrat.<sup>[9]</sup>

Beberapa faktor yang mempengaruhi kerja *silane* yaitu pH larutan *silane*, volume *silane*, lama pengeringan *silane*, suhu, dan cara pengeringan *silane*. Pemberian volume *silane* yang tepat dapat mengurangi penyerapan air yang dapat merubah sifat *fiber* yang hidrofilik menjadi hidrofobik yang akan berdampak pada peningkatan adhesi dan kekuatan mekanik salah satunya kekerasan dari material tersebut.<sup>[10]</sup>

Ikatan antara *fiber* dengan resin komposit yang baik akan meningkatkan kekuatan mekanis salah satunya yaitu kekerasan.<sup>[10]</sup> Sifat mekanik dalam kedokteran gigi yaitu tekanan, regangan, kekuatan, dan kekerasan. Kekerasan berarti suatu ketahanan terhadap perubahan bentuk dan aus, serta kemampuannya untuk menahan goresan, oleh karena itu uji kekerasan dimasukkan *American Dental Association* (ADA) sebagai syarat bahan dalam kedokteran gigi.<sup>[11]</sup>

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimental laboratoris murni dengan desain penelitian *posttest only control group design*. Sampel dibuat berdasarkan cetakan yang berbentuk *disk* dengan ukuran diameter 5 mm dan tinggi 2 mm. Sampel berjumlah 32 spesimen dibagi menjadi dua kelompok. Kelompok I dilakukan perlakuan yaitu satu kali pengaplikasian *silane* dengan volume 0,58 µl dan pengeringan selama 60 detik, kelompok II dilakukan perlakuan yaitu dua kali pengaplikasian *silane* dengan volume masing-masing 0,29 µl dan pengeringan selama masing-masing 30 detik. Jenis *fiber* yang digunakan adalah *E-glass fiber* (*Fiber-splint*, Polydentia SA, Switzerland) yang dipotong sepanjang 5 mm menggunakan gunting *fiber* dan ditimbang dengan berat sekitar 5,6 mg (menyesuaikan panjang *fiber*) menggunakan neraca digital elektronik dengan ketelitian 0,01 mg. *Fiber* selanjutnya disimpan dalam *desicator* selama 24 jam untuk mengeringkan dan menghilangkan kandungan air dalam *fiber*. Perlakuan kelompok I yaitu *E-glass fiber*

diletakkan di atas *glass plate*, kemudian diaplikasikan *silane coupling agent* sebanyak 0,58 µl dengan menggunakan mikropipet dan diratakan menggunakan mikrobrush pada bagian permukaannya dan didiamkan selama 60 detik. Fiber yang telah diaplikasikan silane selanjutnya dilakukan pengeringan selama 60 detik menggunakan kipas angin elektrik dengan dengan jarak 30 cm. Kelompok II perlakuan diawali dengan *E-glass fiber* diletakkan di atas *glass plate*, kemudian diaplikasikan *silane coupling agent* sebanyak 0,29 µl dengan menggunakan mikropipet dan diratakan menggunakan mikrobrush pada bagian permukaannya, didiamkan selama 60 detik setelah itu lakukan pengeringan selama 30 detik menggunakan kipas angin elektrik dengan dengan jarak 30 cm terhadap *glass plate* dan *silane*. Perlakuan seperti ini dilakukan sebanyak dua kali.

Langkah selanjutnya cetakan diisi dengan resin komposit sampai sepertiga cetakan. *Fiber* yang telah diberi perlakuan sesuai kelompoknya, diletakkan di atas komposit menggunakan pinset *fiber*. Resin komposit diaplikasikan kembali di atas *fiber* sampai cetakan terisi penuh dan diratakan menggunakan instrumen plastis. Permukaan *fiber reinforced composite* (FRC) ditutup dengan menggunakan *selluloid strip*, kemudian disinari menggunakan *light cure* selama 20 detik. FRC dikeluarkan dari cetakan, kemudian dilakukan *finishing* dan *polishing* menggunakan *polishing disk*. Langkah yang sama dilakukan untuk 15 sampel yang lain pada masing-masing kelompok.

Sampel kemudian dimasukkan ke dalam *conical tube* yang telah diisi *aquades* dan disimpan dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam. Sampel dikeluarkan dan dikeringkan dengan *absorbant paper*. Sampel kemudian dilakukan uji kekerasan menggunakan *Vickers Indenter Microhardness Tester* dengan cara membuat indentasi tepat pada tengah spesimen, dan diberikan pembebanan sebesar 100 gram selama 20 detik. Nilai yang diperoleh adalah panjang diagonal indentasi yang dilihat dengan bantuan mikroskop yang merupakan satu kesatuan dengan alat *Vickers Indenter Microhardness Tester*. Nilai yang diperoleh adalah nilai dua diagonal setiap spesimen, kemudian dihitung rerata diagonal setiap spesimen. Data yang diperoleh berupa rerata diagonal specimen selanjutnya diolah sesuai rumus untuk mendapatkan *Vickers microhardness* menggunakan rumus Vickers:

$$H_v = 1,8544 \frac{P}{d^2}$$

Keterangan :

Hv = Angka kekerasan Vicker (VHN).

P = Beban (N).

d = Diagonal rata-rata (1/1000 mm).

Hasil angka kekerasan dinyatakan dalam satuan VHN (*Vickers Hardness Number*). Rerata dan standar deviasi dari tiap kelompok dibandingkan dan dianalisis menggunakan uji statistik Independent t-test dengan nilai signifikan  $p < 0,05$ .

## HASIL PENELITIAN

Hasil rerata pengukuran kekerasan pada *fiber reinforced composite* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rerata dan standar deviasi hasil pengukuran kekerasan (VHN) FRC

Kelompok	$\bar{x} \pm SD$
Kelompok I	298,69 ± 20,71
Kelompok II	389, 31 ± 19,63

Keterangan :

$\bar{X}$  : rerata

SD : standar deviasi

Pengujian kekerasan *fiber reinforced composite* pada Tabel 1 menunjukkan nilai rerata dan standar deviasi masing-masing kelompok. Berdasarkan hasil dari data tersebut menunjukkan bahwa kelompok II memiliki nilai rerata lebih tinggi (389,31 VHN) dibandingkan kelompok I (298,69 VHN). Data selanjutnya dilakukan uji normalitas menggunakan Shapiro-wilk untuk mengetahui distribusi data normal atau tidak. Hasil uji normalitas menunjukkan data pada kedua kelompok ( $p > 0,05$ ) terdistribusi normal.

Berdasarkan uji normalitas dan homogenitas yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa data terdistribusi normal dan memiliki varian yang homogen sehingga dapat dilakukan analisis data menggunakan uji *Independent t-test* untuk mengetahui adanya perbedaan rerata pada kedua kelompok.

Hasil uji *Independent t-test* pada Tabel 4 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai rerata diantara dua kelompok dengan nilai signifikansi  $\text{sig} = 0,000$  ( $\text{sig} < 0,05$ ). Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan diantara dua kelompok.

Tabel 4. Hasil Uji Independent t-test

		Sig	Perbedaan nilai rerata	Perbedaan standar deviasi
Kekerasan FRC	Data bersifat Homogen	0,000	-90,625	7,132

Keterangan :

Sig : Nilai signifikansi sig<0,05

## PEMBAHASAN

*Fiber reinforced composite* (FRC) merupakan kombinasi resin komposit, *fiber* dan *silane*.<sup>[4]</sup> Salah satu komposisi *fiber reinforced composite* yaitu *silane* yang berfungsi untuk membentuk ikatan yang tahan lama antara resin komposit dan *fiber*, dengan membentuk ikatan *siloxane* (Si-O-Si) dengan gugus hidroksil di permukaan *glass fiber*, selanjutnya akan berikatan dengan gugus fungsional pada resin komposit. Mekanisme pembentukan ikatan tersebut berpengaruh terhadap besar kecilnya kekuatan perlekatan *glass fiber* dengan resin komposit.<sup>[4]</sup>

Cara kerja *silane coupling agent* melalui beberapa tahap yaitu hidrolisis dan kondensasi. Pada proses hidrolisis terjadi perubahan dari *silane* menjadi *silanol* (SiOH) yang merupakan protonasi cepat dan reversibel dari gugus *alkoksisilane*. Perubahan gugus *alkoksisilane* dari gugus monoalkoksisilane menjadi dialkoksisilane dan gugus trialkoksisilane. Perubahan menjadi gugus trialkoksisilane ini yang menjadi peranan penting terhadap kekuatan adhesi pada *fiber* dan resin komposit dalam FRC.<sup>[5]</sup> Proses perubahan gugus pada *silane* terjadi bersamaan dengan proses perubahan fisik dari *silane* yang awalnya bersifat cair menjadi kental atau semakin padat berdasarkan banyaknya penambahan *silane*.<sup>[6]</sup> Proses ini terjadi pada saat proses kondensasi, akan terbentuk ikatan kovalen yang diikuti oleh kehilangan air.<sup>[12]</sup> Proses kondensasi dibantu dengan cara melakukan pengeringan, sehingga apabila penambahan *silane* dengan volume sedikit akan mempercepat proses pengeringan tersebut.<sup>[5]</sup>

Salah satu faktor yang mempengaruhi kerja *silane coupling agent* adalah volume *silane* yang sesuai, dimana dengan penambahan volume *silane* yang tepat dapat memberikan ikatan yang baik antara komposit dengan *fiber*, menurunkan penyerapan air pada *fiber*, dan merubah sifat hidrofilik menjadi hidrofobik pada *fiber*.<sup>[13]</sup> Aplikasi volume *silane* yang tepat dapat meningkatkan sifat mekanis salah satunya

kekerasan dan sifat fisik serta memberikan kestabilan hidrolitik sehingga air tidak dapat menembus ke dalam FRC. *Glass fiber* yang tidak diaplikasikan *silane* akan memiliki energi permukaan rendah dan menyebabkan kemampuan adhesi material tersebut menjadi rendah dan sebagai titik awal keretakan *fiber reinforced composite*, menurunnya kekuatan geser atau sifat mekanis dari *fiber reinforced composite*.<sup>[14]</sup> Jumlah aplikasi *silane* harus tepat dengan berat *fiber* karena apabila semakin tebal *fiber* yang digunakan maka *silane* tidak mampu membasahi *fiber* dengan sempurna.<sup>[15]</sup>

Hasil pada Tabel 1 menunjukkan nilai rerata kekerasan *fiber reinforced composite* dengan 2 kali aplikasi *silane* 0,29 µl lebih tinggi daripada 1 kali aplikasi *silane* 0,58 µl, sehingga dapat disimpulkan bahwa aplikasi *silane* dengan dua kali aplikasi yaitu dengan volume 0,29 µl maka akan mempercepat proses hidrolisis yang terjadi di awal pengeringan. Proses ini akan mempercepat reaksi gugus hidroksil pada *fiber* dengan gugus *silanol* yang terdapat pada *silane* dan menghasilkan gugus *alkoksisilane*. Gugus *alkoksisilane* selama kondensasi akan mengalami perubahan dari gugus *monoalkoksisilane* menjadi *dialkoksisilane* dan gugus *trialkoksisilane*. Gugus *trialkoksisilane* ini yang memiliki peranan penting terhadap kekuatan adhesi pada *fiber* dan resin komposit dalam *fiber reinforced composite*.

Aplikasi *silane* secara dua kali akan menyebabkan pelarut menempati *innermost layer* terlebih dulu yang banyak mengandung ikatan *siloksan* kuat dan aplikasi yang kedua menyebabkan pelarut menempati lapisan *outermost layer* dan *intermediate layer* yang mengandung banyak oligomer sehingga melemahkan ikatan. Selanjutnya akan dilakukan pengeringan sebanyak dua kali setiap aplikasi *silane* dan menyebabkan terjadinya dua kali proses hidrolisis menggunakan kipas elektrik yang akan memberikan udara yang terjadi di lapisan terluar (*outers layers*) dan lapisan tengah (*intermediate layer*) karena yang terpapar bertahap dari bagian luar, akan menyisakan pelarut dilapisan terdalam (*innermost layer*).<sup>[6]</sup> Pada perubahan gugus *alkoksisilane* menghasilkan gugus *trialkoksisilane* ini yang menjadi peranan penting terhadap kekuatan adhesi pada *fiber* dan resin komposit dalam FRC.<sup>[5]</sup> Selama proses perubahan gugus terjadi bersamaan dengan proses perubahan fisik dari *silane* yang awalnya bersifat cair ke kental atau

semakin padat berdasarkan banyaknya penambahan *silane*.<sup>[6]</sup>

*Siloksan* kuat yang terdapat pada *innermost layer* akan menambah kekuatan adhesi dari *fiber* dan resin komposit. Hal ini akan mengubah sifat *fiber* yang hidrofilik menjadi hidrofobik sehingga ikatan antara *fiber* dan komposit terbentuk dengan baik. Ikatan antara *fiber* dan komposit yang baik dapat meningkatkan sifat mekanik FRC. Salah satu sifat mekanik FRC adalah kekerasan. Kekerasan merupakan kemampuan bahan untuk tahan terhadap penggoresan, pengikisan (abrasi), indentasi atau penetrasi, dan keausan (*wear resistance*).<sup>[16]</sup> Pada cara pemberian dengan jumlah aplikasi 0,58 µl akan terjadi proses pengeringan yang lebih lama dikarenakan larutan tersebut mengandung volume yang lebih banyak daripada larutan 0,29 µl, dan bisa mengakibatkan bahan menjadi tidak kering sempurna pada beberapa lapisan yaitu *outermost layer*, *intermediate layer*, dan *innermost layer*. dan proses hidrolisis juga hanya terjadi satu kali dimana pada proses hidrolisis akan terjadi penguraian bahan anorganik yang berpengaruh terhadap kekerasan *fiber reinforced composite*.<sup>[5]</sup>

## KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat pengaruh jumlah aplikasi *silane coupling agent* terhadap kekerasan FRC. Jumlah optimal aplikasi *silane coupling agent* yang dibutuhkan untuk mendapatkan nilai tertinggi dari kekerasan FRC adalah dua kali pengaplikasian *silane coupling agent* dengan volume masing-masing 0,29 dan pengeringan selama masing-masing 30 detik.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Sakaguchi, R. L., dan Powers, J. M., 2012, *Craigs's Restorative Dental Materials*, 13th, St Louis: Mosby Elsevier.
2. Pyun, J.H., Lee, J. H., Ahn, K. M., T. H., dan Cha, H. S., 2016, Effects of Hydrogen Peroxide Pretreatment and Heat Activation of Silane on The Shear Bond Strength of Fiber Reinforced Composite Posts to Resin Cement. *J Adv Prosthodont.*, 8(2) : 94-100.
3. Monticelli, F., Manuel, T., Raquel, O., dan Marco F., 2006, Effect of Temperature on the Silane Coupling Agents When Bonding Core Resin to

Quartz Fiber Posts, *Dental Materials*, 22: 1024–1028.

4. Ladoria, F., Sari W, P., dan Fadriyanti, O., 2016, Pengaruh Penambahan Silane Pada Glass Fiber Non Dental Terhadap Persentase dan Volume Penyerapan Air Fiber Reinforced Composite, *Jurnal B-Dent*, 3(2) : 100-110.
5. Shin-Etsu., 2007, *Silane Coupling Agents: Combination of Organic and Inorganic Materials*, Japan: Shin-Etsu: 23-27.
6. Matisons, J. G., 2012, *Silicone Surfactants in Tenside, Surfactants, Detergents*, Gelest Inc, USA, hal:158-164.
7. Zhang, M., Matinlinna, J. P., 2012, The Effect of Resin Matrix Composition on Mechanical Properties of E-Glass Fiber-Reinforced Composite for Dental Use, *Journal of Adhesion Science and Technology*, 25: 2687-2701.
8. Anusavice, K. J., 2013, *Philip's Science of Dental Materials*, Ed 11, Alih Bahasa; Johan Arif Budiman, Susi Purwoko, Jakarta:EGC:172-249.
9. Matinlinna, Jukka P., Christie Y. K. L., dan James K. H. T., 2018, Silane Adhesion Mechanism in Dental Applications and Surface Treatments: A Review, *Dental Materials*, 34(1): 13–28.
10. Prasetyo, D., Jati, P., Raharjo, W. W., dan Ubaidillah., 2013, Pengaruh Penambahan Coupling Agent Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Polyester-Cantula Dengan Anyaman Serat 3D Angle Interlock, *Mekanika*, 12(1): 44–52.
11. Purnamasari, L. F., Sari, W. P., dan Elianora, D., 2019, Uji kekrasan Fiber Reinforced Composite dengan E-glass Fiber Dental dan E-glass Fiber Non Dental, *J Ked Gi.*,30(1): 1-5.
12. Arkles, B., 2015, *Hydrophobicity, Hydrophilicity and Silane Surface Modification*, United Kingdom: Gelest, Inc: hal 1–76.
13. Astabi, A., Raharjo, W. W., dan Sukanto H., 2015, Pengaruh Konsentrasi Silane Coupling Agent Terhadap Sifat Tarik Komposit Serat Kenaf-Polypropylene, *Prosiding SNST*, 6(1): 82–86.
14. Lung, C. Y. K., dan Jukka P. M., 2012, Aspects of Silane Coupling Agents and Surface Conditioning in Dentistry: An

- Overview, *Dental Materials*, 28: 467–477.
15. Maulida, F., Sari W, P., Darmawangsa., 2019, Pengaruh Penambahan Silane Terhadap Kekuatan Fleksural Reinforced Composite Yang Diperkuat Dengan Glass Fiber Non- dental., *Laporan Penelitian*, 44-45.
  16. Suarsana, 2017, *Ilmu Material Teknik*, Universitas Udayana, Denpasar, hal. 6.