

PENGARUH CARA PENGERINGAN *SILANE* TERHADAP KEKUATAN FLEKSURAL *FIBER REINFORCED COMPOSITE*

Ariyani Faizah^{1*}, Ulin Muzdalifah²

¹Biomaterial, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Muhammadiyah Surakarta

²Mahasiswa Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Muhammadiyah Surakarta

ABSTRAK

Fiber reinforced composite (FRC) merupakan suatu komposit yang diperkuat oleh *fiber* yang dilapisi *silane coupling agents*. *Silane* merupakan zat kimia berbahan dasar silikon yang berfungsi untuk mengikat dua material yaitu *fiber* dan komposit. Ikatan tersebut terbentuk apabila *silane* diaktifkan melalui prosedur silanization terdiri dari proses hidrolisis dan kondensasi. Hidrolisis adalah menguraikan bahan anorganik melalui proses pengeringan dan ikatan kimia yang kuat akan terbentuk melalui proses kondensasi. Ikatan antara *fiber* dan komposit yang baik dapat meningkatkan sifat mekanik dari FRC. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh cara pengeringan *silane* terhadap kekuatan fleksural FRC dan mengetahui pengaruh cara pengeringan *silane* terhadap kekuatan fleksural FRC. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratoris murni. Sampel berjumlah 32 dengan dua kelompok perlakuan yaitu kelompok I dengan cara pengeringan *silane* tanpa alat dan kelompok II dengan cara pengeringan *silane* menggunakan kipas elektrik. Ukuran sampel 25 mm x 2 mm x 2 mm. Pengujian kekuatan fleksural menggunakan *Universal Testing Machine*. Penelitian menunjukkan kelompok II memiliki kekuatan fleksural lebih tinggi yaitu 124,2231 MPa. Perbedaan rata-rata kekuatan fleksural diuji menggunakan *Independent Sample T-test* menunjukkan terdapat perbedaan yang bermakna antar kelompok dengan nilai signifikansi $p=0,000$ ($p<0,05$). Cara pengeringan *silane* berpengaruh terhadap kekuatan fleksural FRC dan pengeringan *silane* menggunakan kipas elektrik lebih optimal dibandingkan dengan pengeringan *silane* tanpa alat.

Kata Kunci: cara pengeringan *silane*, *fiber reinforced composite* (FRC), kekuatan fleksural

ABSTRACT

Fiber reinforced composite (FRC) is a composite which has been reinforced by fiber coated silane as coupling agents. Silane is a chemical made from silicon which functions to bind two unequal materials, fiber and composite. The surface of the fiber that has been coated with silane will form a bond between fiber and composite. The bond can be formed if silane is activated first through a silanization procedure consisting of hydrolysis and condensation. Hydrolysis is done by breaking down inorganic materials through a drying process and strong chemical bonds will be formed through a condensation process. A good bond between fiber and composite can improve the mechanical properties of FRC. This study aims to determine the effect of silane drying on the flexural strength of FRC and to know the effect of drying the silane on the flexural strength of FRC. This research is a pure laboratory experimental study. The samples were 32 with two treatment groups, namely group I by means of silane drying without tools and group II by silane drying using an electric fan. Sample size 25 mm x 2 mm x 2 mm. Flexural strength testing using *Universal Testing Machine* showed that group II silane drying using an electric fan had a higher flexural strength of 124.2231 MPa. The difference in flexural strength average was tested using the *Independent Sample T-test* showed that there were significant differences between groups with a significance value of $p=0,000$ ($p<0.05$). The method of silane drying affects the flexural strength of FRC and silane drying using an electric fan more optimally than silane drying without tools.

Keywords: cara pengeringan *silane*, *fiber reinforced composite* (FRC), kekuatan fleksural

PENDAHULUAN

Perkembangan di bidang material dan biomekanik telah mengubah cara pandang untuk menggantikan komponen anatomi manusia. Ilmu kedokteran gigi telah melakukan pendekatan untuk menggantikan struktur gigi yang hilang dan gigi secara keseluruhan. Penggantian struktur gigi yang hilang karena penyakit maupun trauma telah menjadi bagian besar yang umum dalam praktik dokter gigi. Material restoratif gigi ialah dasar untuk menggantikan struktur gigi.^[1] Salah satu material yang sedang dikembangkan dalam bidang kedokteran gigi ialah *Fiber Reinforced Composite* (FRC). FRC ialah suatu komposit dengan penguat *fiber* yang banyak digunakan dalam kedokteran gigi.^[2] Komposisi FRC terdiri dari resin komposit, *fiber* dan *silane*. Resin komposit berfungsi untuk memegang *fiber* serta meneruskan tekanan antara *fiber*. Fungsi *fiber* ialah sebagai penguat dan memberikan stabilitas maupun kekakuan.^[3] Komposisi FRC lain yang berfungsi memberikan ikatan antara *fiber* dan komposit adalah *silane*. *Silane* merupakan bahan untuk meningkatkan energi permukaan *fiber* untuk mendapatkan perlekatan antara resin komposit dengan *fiber*.^[4] *Silane* sebagai coupling agent harus diaktifkan terlebih dahulu melalui proses hidrolisis. Reaksi hidrolisis dari *silane* akan mengubah menjadi silanol yang berprotonasi cepat. Proses hidrolisis akan dilanjutkan dengan proses kondensasi yaitu suatu proses yang terjadi pada molekul silanol menjadi bentuk oligomer.^[5] Pada proses kondensasi akan terbentuk ikatan kovalen antara *silane* dan permukaan *fiber* selama proses pelepasan air.^[6]

Mekanisme kerja *silane* dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah pH larutan *silane*, volume *silane*, lama pengeringan *silane*, dan cara pengeringan *silane*.^[7] Pengaplikasian dan pengeringan *silane* yang tepat dapat meningkatkan sifat mekanis dan fisik serta memberikan kestabilan hidrolitik dengan mencegah air menembus ke dalam FRC.^[8] Pengeringan *silane* dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain menggunakan *syringe* udara, pengering rambut,^[9] oven,^[8] laser CO₂,^[10]

dan kipas elektrik. Selama Proses pengeringan berlangsung akan mengaktifkan pembentukan ikatan kovalen yang diikuti dengan hilangnya air.

Penambahan *silane* dapat mengikat *fiber* dan komposit, mengubah sifat *fiber* yang hidrofilik menjadi hidrofobik serta meningkatkan kekuatan mekanis salah satunya ialah kekuatan fleksural.^[11] Kekuatan fleksural ialah kemampuan bahan restorasi untuk menahan kekuatan tekan, kekuatan tarik, dan kekuatan geser saat berfungsi di dalam rongga mulut.^[12] Kekuatan fleksural FRC dapat meningkat apabila ikatan antar komponen dalam FRC bertambah pada waktu proses kondensasi. Proses kondensasi diawali oleh proses hidrolisis yang dibantu dan dipengaruhi oleh proses pengeringan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental laboratoris murni dengan desain penelitian *posttest only control group design*. Sampel dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok I adalah cara pengeringan *silane* tanpa alat dan kelompok II adalah cara pengeringan *silane* menggunakan kipas elektrik. Sampel berjumlah 32 spesimen dengan masing-masing kelompok terdiri dari 16 sampel. Sampel berbentuk balok dengan ukuran 25mm x 2mm x 2mm. Jenis *fiber* yang digunakan adalah E-glass *fiber* (*Fiber-splint*, Polydentia SA, Switzerland) yang dipotong menggunakan gunting *fiber* sepanjang 25 mm sesuai dengan panjang balok. dan ditimbang dengan berat 5,6 mg menggunakan neraca digital elektronik. *Fiber* yang telah dipotong disimpan dalam desicator selama 24 jam untuk mengeringkan dan menghilangkan kandungan air.

Persiapan pembuatan sampel diawali dengan melakukan aplikasi *silane* pada permukaan *fiber*. E-glass *fiber* yang telah dipotong diletakkan di atas glass plate, kemudian *silane* diaplikasikan pada E-glass *fiber* menggunakan mikropipet dengan volume *silane* 5,6 µl dan diratakan menggunakan microbrush pada permukaannya, kemudian didiamkan selama 60 detik dan dilakukan pengeringan selama 60 detik tanpa alat dibiarkan pada udara terbuka untuk kelompok I. Cetakan diisi dengan resin komposit sampai sepertiga cetakan. *Fiber* yang telah diberi *silane* coupling agent diletakkan di atas komposit menggunakan pinset *fiber*, kemudian resin komposit diaplikasikan di atas *fiber* sampai cetakan terisi penuh dan diratakan menggunakan instrumen plastis. Permukaan *fiber reinforced composite* ditutup dengan

*) Penulis Korespondensi.

E-mail: ariyani.faizah@ums.ac.id

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

Submisi : Januari 2021; Revisi : Januari 2021;
Penerimaan Februari 2021

menggunakan *selluloid strip* dan dilakukan penyinaran menggunakan *light cure* selama 20 detik pada masing-masing bagian. Penyinaran dilakukan secara bertahap agar diperoleh proses polimerisasi yang sempurna dengan cara sampel dibagi menjadi 3 bagian dan setiap bagian disinari selama 20 detik, Bagian *fiber reinforced composite* yang tidak disinari ditutup menggunakan *aluminium foils*. *Fiber reinforced composite* dikeluarkan dari cetakan, kemudian dilakukan *finishing* dan *polishing* menggunakan *polishing disk*. Langkah yang sama dilakukan untuk 15 sampel yang lain.

Pembuatan sampel kelompok II dilakukan dengan cara yang sama seperti persiapan sampel kelompok I akan tetapi cara pengeringan *silane* dilakukan dengan menggunakan kipas elektrik dengan posisi dan arah kipas tegak lurus dengan posisi *silane coupling agent* di atas *glass plate* sejauh 30 cm selama 60 detik.

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 lalu diuji kekuatan *fleksural three point bending test* dengan menggunakan *Universal Testing Machine*. Sampel diletakkan pada papan penyangga dengan jarak tumpuan 20 mm (l) dengan kecepatan 1 mm/menit sampai fraktur dan pada layar akan muncul nilai (F) yang merupakan beban maksimal yang dapat diterima oleh sampel. Besar kekuatan *fleksural* dinyatakan dalam MPa. Data dimasukkan ke dalam rumus

$$\sigma = \frac{(3F.l)}{2 bd^2} \quad (1)$$

dengan keterangan F adalah beban maksimal yang dapat diterima (N), l adalah jarak antara papan penyangga dengan tumpuan (mm), b adalah lebar sampel (mm), dan d adalah tebal sampel (mm). Rerata dan standar deviasi dari tiap kelompok dibandingkan dan dianalisa menggunakan uji *analisis independent t-test* dengan nilai signifikan $p < 0,05$.

HASIL PENELITIAN

Penelitian dengan judul “Pengaruh Cara Pengeringan *Silane* terhadap Kekuatan *Fleksural Fiber Reinforced Composite*” telah dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada (UGM). Sampel diuji dengan menggunakan *Universal Testing Machine* dengan satuan MPa.

Tabel 1. Nilai rerata dan standar deviasi kekuatan *fleksural* (MPa)

Kelompok	n	X ± SD
Kelompok I	16	102,4456±3,66753
Kelompok 2	16	124,2231±5,93573

Keterangan: Kelompok I (Pengeringan *silane* tanpa alat), Kelompok II (Pengeringan *silane* menggunakan kipas elektrik), n (Jumlah sampel), x (Nilai rerata), SD (Standar Deviasi).

Tabel I menunjukkan bahwa kelompok II (pengeringan *silane* menggunakan kipas elektrik) memiliki rerata kekuatan *fleksural* yang lebih tinggi (124,2231 Mpa) dibandingkan kelompok I (pengeringan *silane* tanpa alat).

Hasil uji normalitas *Shapiro-Wilk* dan uji homogenitas *Levene’s test* diperoleh nilai signifikansi yang didapat sebesar ($p > 0,05$), oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa data menunjukkan hasil yang normal dan homogen. Berdasarkan hasil data tersebut, data selanjutnya dianalisis menggunakan uji *Independent Sample T-test* yang bertujuan untuk menentukan ada tidaknya perbedaan rata-rata kekuatan *fleksural* pada kelompok I (pengeringan *silane* tanpa alat) dan kelompok II (pengeringan *silane* menggunakan kipas elektrik).

Tabel 2. Hasil uji *Independent Sample T-test*

Kelompok	Sig.
Kelompok I	0,000
Kelompok 2	

Keterangan: Sig. (Nilai signifikansi).

Hasil data uji *Independent Sample T-test* menunjukkan hasil bahwa signifikansi sebesar $p = 0,000$ ($p < 0,05$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna antara kelompok I (pengeringan *silane* tanpa alat) dan kelompok II (pengeringan *silane* menggunakan kipas elektrik).

PEMBAHASAN

Silane merupakan suatu unsur kimia yang berbahan dasar silikon. *Silane* berfungsi untuk mengikat dua material yang berbeda yaitu *fiber* dan komposit.^[14] *Fiber* yang telah diaplikasikan *silane* akan membentuk ikatan. Ikatan tersebut akan terbentuk apabila proses hidrolisis dan kondensasi telah terjadi. Proses hidrolisis dilakukan dengan cara menguraikan bahan anorganik melalui proses pengeringan dan berlanjut dengan proses kondensasi agar terjadi ikatan kimia yang kuat. Salah satu faktor yang berpengaruh pada mekanisme kerja *silane* ialah

pengeringan *silane*. Pengeringan *silane* bertujuan untuk pelepasan pelarut seperti air, alkohol, dan asam asetat yang menyebabkan eliminasi ikatan hidrogen pada permukaan *fiber* sehingga dapat meningkatkan energi permukaan pada *fiber* agar dapat memperantarai ikatan antara *fiber* dan *silane*. Pelepasan pelarut yang tidak sempurna akan mengganggu ikatan yang tercipta, sehingga diperlukan proses pengeringan pada proses hidrolisis dengan cara yang tepat.^[4]

Penelitian sebelumnya mengenai kekuatan ikatan antara pasak *fiber* dan resin komposit menunjukkan bahwa penggunaan hembusan udara yang dihasilkan *syringe* untuk pengeringan *silane* menghasilkan kekuatan ikatan antar komponen yang tinggi. Hembusan udara yang dihasilkan oleh *syringe* menyebabkan penguapan terhadap pelarut yang terkandung dalam *silane*.^[15] Penelitian lainnya menunjukkan bahwa aplikasi dan pengeringan *silane* menggunakan aliran udara efektif dalam meningkatkan daya tarik kekuatan ikatan komposit terhadap keramik.^[16] Pengaplikasian *silane* menghasilkan beberapa lapisan yang justru dapat melemahkan ikatan, sedangkan adhesi optimal hanya memerlukan satu lapis ikatan *silane*. Lapisan terdalam merupakan ikatan silang yang mengandung ikatan siloksan kuat, sedangkan lapisan terluar dan lapisan tengah mengandung banyak oligomer yang secara fisik akan teradsorpsi ke lapisan terdalam. Faktor penting yang mempengaruhi keefektifan *silane* ialah evaporasi pelarut. Sejumlah kecil pelarut dapat bermanfaat dalam pembasahan *silane*, tetapi penghilangan pelarut yang tidak sempurna dapat merusak ikatan.¹⁵ Penggunaan kipas elektrik pada penelitian ini dapat digunakan untuk menghasilkan hembusan udara yang dapat menghilangkan oligomer yang terikat lemah serta membantu evaporasi ethanol dan mengeliminasi cairan pada lapisan terluar yang dapat melemahkan ikatan. Teknik tersebut dapat menghasilkan ikatan yang jauh lebih stabil daripada hanya mengaplikasikan *silane* kemudian dibiarkan kering.^[16]

Hal ini ditunjukkan pada hasil penelitian bahwa pengeringan *silane* tanpa alat menghasilkan kekuatan fleksural kurang maksimal karena pelepasan pelarut yang kurang sempurna sehingga menghasilkan ikatan siloksan yang lemah, sedangkan pengeringan *silane* menggunakan kipas elektrik menghasilkan kekuatan fleksural yang lebih tinggi karena *silane* dapat melepaskan pelarut secara sempurna dan merubah sifat *fiber* yang hidrofilik menjadi

hidrofobik sehingga ikatan antara *fiber* dan komposit terbentuk secara sempurna dan lebih baik. Ikatan antara *fiber* dan komposit yang baik dapat meningkatkan sifat mekanik *fiber reinforced composite*. Salah satu sifat mekanik *fiber reinforced composite* ialah kekuatan fleksural. Kekuatan fleksural merupakan kemampuan suatu bahan restorasi untuk menahan gaya tekan dan tarik (gaya fleksural) saat sedang berfungsi dalam rongga mulut.^[12]

KESIMPULAN

Cara pengeringan *silane* berpengaruh terhadap kekuatan fleksural *fiber reinforced composite*. Pengeringan *silane* menggunakan kipas elektrik lebih optimal dibandingkan dengan pengeringan *silane* tanpa alat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sakaguchi, R. L., dan John, M. P., 2012, *Craigs's Restorative Dental Materials*, 13th, St Louis: Mosby Elsevier.
2. Rosyida, N. F., Sunarintyas, S., dan Pudyani, P. S., 2015, The Effect Of Silanated and Impregnated *Fiber* On The Tensile Strength Of E-Glass *Fiber Reinforced Composite* Retainer, *Dental Journal (Majalah Kedokteran Gigi)*., 48(1): 22-25.
3. Sharafeddin, F., Alavi, A. A., Talei, Z., 2013, Flexural Strength of Glass and Polyethylene *Fiber* Combined with Three Different Composites. *Journal Dental Shiraz univ, Med. Sci.* 14(1): 13-19.
4. Fonseca, R. B., Favara, I. N., Kasuya, A. V. B., Abrao, M., Luz, N. F. M., dan Naves, L. Z., 2014, Influence of Glass *Fiber* wt% and Silanization on Mechanical Flexural Strength of Reinforced Acrylics, *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*., 2: 11-15.
5. Lung, C. Y. K., dan Matinlinna, J. P., 2012, Aspects Of *Silane* Coupling Agents and Surface Conditioning In Dentistry: An Overview, *Dental Materials*., 28: 467-477.
6. Annusavice, K. J., 2013, *Phillips Buku Ajar Ilmu Bahan Kedokteran Gigi*, Ed 11, Alih Bahasa; Johan Arif Budiman, Susi Purwoko, Jakarta: EGC: 172-249.
7. Matisons, Janis., 2012, *Silane and siloxanes as coupling agents to glass : A perspective*, USA: Morrisville, Pennsylvania., pp: 281-283.
8. Pyun, J. H., Shin, T. B., Lee, J. H., Ahn, K. M., Kim, 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. *The Journal of Advanced Prosthodontics.*, 8(2): 94-100.
9. Kim, H. D., Lee, J. H., Ahn, K. M., Kim, H. S., dan Cha, H. S., 2013, Effect of Silane Activation on Shear Bond Strength of Fiber-Reinforced Composite Post to Resin Cement. *The Journal of Advanced Prosthodontics.*, 5(2): 104-109.
 10. Shafiei, F., Saadat, M., dan Jowkar, Z., 2018, Effect of Laser Heat Treatment on Pull-Out Bond Strength of Fiber Posts Treated with Different Silanes. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry.*, 10(5): e413–e418.
 11. Astabi, A., Raharjo, W. W., dan Sukanto, H., 2015), Pengaruh Konsentrasi Silane Coupling Agent terhadap Sifat Tarik Komposit Serat Kenaf Polypropylene, *Prosiding SNST 6*: 82–86.
 12. Nabilah, V. Z., Hidayati, L., dan Sumono, A., 2016, *Flexural Strength of Microhybrid Composite Resin with Polyethylene Fiber's Layer Addition*, Proceedings Book FORKINAS VI FKG UNEJ 14th-15th: 276–284.
 13. Junior, A. D. A. G., Lopes, M. W. F., Gaspar, G. D. S., dan Braz. R., 2009, Comparative Study Of Flexural Strength And Elasticity Modulus In Two Types Of Direct Fiber-Reinforced Systems, *Brazilian Oral Research.*, 23(3): 36-40.
 14. Imam, D. N. A., Sunarintyas, S., dan Nuryono., 2015, Pengaruh Komposisi Glass Fiber Non Dental dan Penambahan Silane terhadap Kekuatan Geser Fiber Reinforced Composite sebagai Retainer Ortodonsi, *Majalah Kedokteran Gigi Indonesia.*, 1(1): 53-58.
 15. Novais, V. R., Junior, P. C. S., Rontani, R. M. P., Sobrinho, L. C., Soares, C. J., 2011, Bond Strength Between Fiber Posts and Composite Resin Core – Influence of Temperature on Silane Coupling Agents, *Braz Dent J.*, 23(1): 8-14
 16. Shin-Etsu, 2017, *Silane Coupling Agents: Combination of Organic and Inorganic Materials*, Japan: Shin-Etsu: 3-27
 17. Monticelli, F., Osorio, R., Sadek, F. T., Radovic, I., Toledano, M., dan Ferrari, M., 2008, Surface Treatments for Improving Bond Strength to Prefabricated Fiber Posts: A Literature Review. *Operative Dentistry.*, 33(3): 346–355.
 18. Samimi, P., Mortazavi, V., dan Salamat, F., 2014, Effects of Heat Treating Silane and Different Etching Techniques on

Glass Fiber Post Push-out Bond Strength. *Operative Dentistry.*, 39(5): E217-E224.