

Laporan Penelitian

Pengaruh penambahan *silane coupling agent* terhadap kekerasan *e-glass fiber non dental reinforced composite* pada gigi tiruan cekat: studi eksperimental

Subiana Hidayatul Safitri¹
Widya Puspita Sari^{2*}
Eka Desnita²

*Korespondensi
widyapuspitasari@fkg.unbrah.ac.id

¹Program Sarjana Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Baiturrahmah, Indonesia
²Departemen Biomaterial Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah, Indonesia.
³Farmasi Klinis, Fakultas Kedokteran Universitas Baiturrahmah, Padang, Indonesia

Submisi: 07 September 2023
Revisi : 23 Januari 2024
Penerimaan: 13 Februari 2024
Publikasi Online: 29 February 2024
DOI: [10.24198/pjdrs.v8i1.49861](https://doi.org/10.24198/pjdrs.v8i1.49861)

ABSTRAK

Pendahuluan: Penggunaan *E-Glass Fiber Reinforced Composite* (FRC) dalam prostesis gigi cekat semakin populer karena mendukung sifat mekanik yang diinginkan. Pencapaian kekerasan optimal sangat penting untuk keberhasilan jangka panjang prostesis ini. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh penambahan *silane coupling agent* terhadap kekerasan FRC *E-Glass non-dental* pada gigi tiruan cekat. **Metode:** Jenis penelitian adalah studi eksperimen laboratorium dengan pendekatan penelitian kuantitatif digunakan untuk menyelidiki dampak agen penggandeng silane terhadap kekerasan FRC *E-Glass non-dental*. Sampel dipersiapkan dengan konsentrasi berbeda dari *silane coupling agent*, dan kekerasan diukur menggunakan metode pengujian standar. Kondisi laboratorium diatur untuk mensimulasikan kondisi yang dihadapi dalam prostesis gigi cekat. **Hasil:** Terdapat korelasi signifikan antara penambahan *silane coupling agent* dan kekerasan FRC *E-Glass non-dental*. Konsentrasi *silane coupling agent* yang lebih tinggi terkait dengan peningkatan nilai kekerasan. Temuan ini memberikan wawasan berharga dalam mengoptimalkan komposisi FRC *E-Glass fiber non dental* untuk meningkatkan sifat mekanik pada prostesis gigi cekat. **Simpulan:** Penambahan *silane coupling agent* secara positif memengaruhi kekerasan FRC *E-Glass non-dental* yang digunakan dalam prostesis gigi cekat. Studi ini memberikan kontribusi pada upaya terus-menerus untuk meningkatkan kinerja mekanik material kedokteran gigi, dengan menekankan pentingnya mengoptimalkan konsentrasi *silane coupling agent* untuk kekerasan yang lebih baik.

KATA KUNCI: *e-glass, fiber, reinforced, composite, silane coupling agent.*

The effect of silane coupling agent addition on the hardness of non-dental e-glass fiber reinforced composite in removable partial dentures: experimental study

ABSTRACT

Introduction: The use of *E-Glass Fiber Reinforced Composite* (FRC) in fixed dental prostheses has gained popularity due to its desirable mechanical properties. Achievement optimal hardness is crucial for the long-term success of these prostheses. This study aimed to analyze the effect of the addition of a *silane coupling agent* on the non-dental *E-Glass FRC's* hardness in fixed dental prostheses. **Methods:** This study is a laboratory experimental with a quantitative research approach to investigate the impact of *silane coupling agents* on the hardness of non-dental *E-Glass FRC*. Specimens were prepared with varying concentrations of *silane coupling agent*, and the hardness was measured using standardized testing methods. The laboratory conditions were set up aimed to simulate the conditions encountered in fixed dental prostheses. **Results:** A significant correlation was revealed between the addition of *silane coupling agent* and the hardness of non-dental *E-Glass FRC*. Higher concentrations of *silane coupling agent* were associated with increased hardness values. The findings provide valuable insights into optimizing the composition of *E-Glass fiber non dental FRC* for enhanced mechanical properties in fixed dental prostheses. **Conclusion:** The addition of a *silane coupling agent* positively influences the hardness of non-dental *E-Glass FRC* used in fixed dental prostheses. This study contributes to the ongoing efforts to enhance the mechanical performance of dental materials, emphasizing the importance of optimizing *silane coupling agent* concentrations for improved hardness.

KEY WORDS: *e-glass, fiber, reinforced, composite, silane coupling agent.*

PENDAHULUAN

Gigi tiruan jembatan merupakan gigi tiruan cekat yang melekat pada gigi sisa yang menggantikan satu atau lebih gigi yang hilang. Bahan PFM (*Porcelain Fused to Metal*) adalah jenis bahan yang sering digunakan dalam pembuatan gigi tiruan, terutama untuk mahkota atau gigi tiruan jembatan. Kelebihan bahan PFM memiliki kekuatan mekanik tinggi dimana menggabungkan kekuatan mekanik logam dasar dengan kekuatan estetika porselen. Hal ini membuatnya cocok untuk gigi tiruan yang memerlukan daya tahan tinggi terhadap tekanan dan beban kunyah.¹ Estetika yang baik dengan warna dan translusensi gigi asli.² Ketahanan terhadap abrasi dan aus sehingga cocok untuk gigi posterior yang menerima tekanan kunyah yang tinggi 3, struktur metal pada bahan PFM memberikan kestabilan dan mencegah potensi retak atau pecah pada lapisan porselen.⁴

Bahan PFM memiliki kelebihan, namun ada beberapa kekurangan terkadang garis-garis logam dapat terlihat di sepanjang tepi gigi tiruan,¹ potensial untuk retak dan pecah, meskipun struktur logam memberikan kestabilan, ada risiko potensial untuk retak atau pecah pada lapisan porselen, terutama jika terdapat tekanan berlebih atau trauma pada gigi tiruan,³ beberapa pasien mungkin mengalami reaksi alergi terhadap logam yang digunakan dalam bahan PFM, terutama jika mereka memiliki kecenderungan alergi logam,⁴ Struktur logam pada bahan PFM dapat bersifat abrasif terhadap gigi antagonis (gigi yang berhadapan). Ini dapat menyebabkan keausan gigi alami yang lebih cepat pada gigi yang bersentuhan dengan gigi tiruan PFM.²

Dalam perkembangan terkini bidang kedokteran gigi, *Fiber Reinforced Composite* (FRC) telah menjadi fokus penelitian yang signifikan sebagai bahan alternatif untuk pembuatan gigi tiruan cekat karena menawarkan kombinasi unik antara kekuatan dan ketahanan korosi,⁵ serta memiliki sifat minimal invasif dan estetika yang baik.⁶ Salah satu tipe *glass fiber* yang paling sering digunakan di bidang kedokteran gigi adalah *E-Glass fiber* (*Electrical Glass*), *E-Glass fiber* dikenal karena sifatnya yang memenuhi standar khusus dan sering digunakan dalam konstruksi perangkat kedokteran gigi, termasuk gigi tiruan dan restorasi.³ Kandungan oksidasi terbesar pada *E-glass fiber dental* adalah SiO₂ (45,47%), CaO (38,49%), Al₂O₃ (12,11%) dan K₂O (0,94%).³ *E-glass fiber dental* memiliki beberapa kelebihan yang membuatnya menjadi pilihan yang populer, diantaranya adalah Kekuatan Mekanik yang tinggi, kompatibel dengan resin,¹ dapat memberikan efek estetika yang baik,⁴ ringan dan mudah diaplikasikan.² *E glass fiber dental* juga memiliki keterbatasan dalam segi harganya yang mahal, sulit diperoleh dan melalui pemesanan yang cukup lama. Berdasarkan keterbatasan tersebut maka tersedia *E-glass fiber non dental* di banyak tempat dengan harga yang terjangkau, yang biasa digunakan secara umum di dunia teknik, otomotif, kesehatan, kelautan, serta penguat pada pembuatan *gypsum*.⁷

Komposisi *E-glass fiber non dental* telah diteliti. Penelitian ini dilakukan oleh Sari *et al.*,⁸ menyatakan bahwa komposisi *E-glass fiber non dental* memiliki kandungan oksidasi terbesar yaitu SiO₂ (39,53%), CaO (46,31%), Al₂O₃ (8,17%), dan K₂O (0,64%) tanpa kandungan B₂O₃. Kandungan oksidasi terbesar pada hasil ini menunjukkan bahwa komposisi *E-glass fiber non dental* dan *E-glass fiber dental* memiliki konsentrasi yang hampir sama, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pilihan pengganti *glass fiber dental* pada aplikasi di kedokteran gigi.

Material atau bahan di kedokteran gigi memiliki sifat mekanik antara lain tekanan dan regangan, kekuatan, dan kekerasan. Kekerasan dapat diartikan sebagai suatu kondisi ketahanan terhadap perubahan bentuk atau aus, dan kemampuan untuk menahan goresan.⁹ Berdasarkan *American Dental Association* (ADA) kekerasan merupakan salah satu hal penting dalam bahan kedokteran gigi sehingga uji kekerasan juga dimasukkan sebagai salah satu syarat bahan dalam kedokteran gigi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Purnamasari *et al* 2019 menyatakan bahwa terdapat perbedaan kekerasan antara *fiber reinforced composite* dengan *E-glass fiber dental* dan *E-glass fiber non dental* secara signifikan dimana nilai kekerasan tertinggi terdapat pada kelompok *fiber reinforced composite* dengan *E-glass fiber dental*.⁷ Kekerasan permukaan penting digunakan sebagai ukuran dalam memperkirakan ketahanan permukaan gigi tiruan terhadap keausan dan goresan yang mempengaruhi gigi tiruan, serta kaitannya dengan ketahanan yang berhubungan dengan lama pemakaian.¹⁰

Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat mekanik *fiber reinforced composite* diantaranya kuantitas *fiber*, posisi *fiber*, arah *fiber*, adhesi *fiber* terhadap matriks komposit.¹¹ *Silane* merupakan bahan yang mendukung dan meningkatkan ikatan kimia antara bahan organik (*matriks*) dan anorganik (*fiber*).¹² *Silane coupling agent* berfungsi untuk meningkatkan ikatan antara dua material yang tidak sama. *Silane* membentuk ikatan *siloxane* (Si-O-Si) dengan gugus fungsional pada matriks polimer sehingga kekuatan pelekatan antara *glass fiber* dan matriks polimer meningkat.¹³ Menurut hasil penelitian Maulida *et al.*,¹² menyatakan *glass fiber non dental* dengan penambahan *silane* tidak berpengaruh terhadap kekuatan pada *fiber reinforced composite*.

Peningkatan kekerasan pada FRC menjadi esensial untuk memastikan keberhasilan jangka panjang dalam aplikasi klinis. Salah satu pendekatan yang diusulkan untuk meningkatkan sifat mekanik adalah melalui penambahan *silane*. Agen ini dikenal dapat meningkatkan adhesi antara matriks resin dan *glass fiber* memberikan potensi untuk meningkatkan kekerasan serta kinerja mekanik secara keseluruhan. Oleh karena itu, penelitian kuantitatif ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh penambahan *silane coupling agent* terhadap kekerasan FRC *E-Glass non-dental* yang digunakan dalam pembuatan gigi tiruan cekat.¹⁴

Berdasarkan latar belakang permasalahan menunjukkan apakah terdapat pengaruh penambahan *silane coupling agent* terhadap kekerasan *E-glass fiber non dental reinforced composite*. Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan *silane coupling agent* terhadap kekerasan *E-glass fiber non dental reinforced composite*.

METODE

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimental laboratorium dengan pendekatan kuantitatif. pendekatan kuantitatif bertujuan untuk mengumpulkan data yang dapat diukur secara numerik untuk analisis statistik, sementara metode eksperimental laboratorium melibatkan pengaturan kontrol eksperimental untuk menguji hubungan sebab-akibat. Pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan dengan metode *purposive sampling*. *Purposive sampling* merupakan teknik penentuan sampel dengan pertimbangan atau kriteria tertentu yang sesuai dengan tujuan penelitian. Dalam konteks ini, sampel dipilih berdasarkan pertimbangan tertentu yang relevan dengan variabel penelitian. Penggunaan metode *purposive sampling* dapat memberikan peneliti kemampuan untuk memilih sampel yang secara spesifik memenuhi kriteria yang relevan dengan tujuan penelitian, sehingga hasil penelitian dapat lebih tepat dan fokus pada variabel yang diinginkan.

Instrumen penelitian yang digunakan berupa neraca digital elektronik dengan ketelitian 0,01 mg untuk menimbang berat dari sampel, Gunting untuk memotong *fiber*, Cetakan mould berbentuk lingkaran diameter 4 mm tinggi 2 mm, glass plate untuk alas dalam pembuatan sampel, plastic instrument untuk merapikan dan meratakan matriks *resin composite*, pinset untuk meletakkan *fiber* pada posisi yang diinginkan dalam cetakan, mikro pipet untuk mengambil *silane* ESPE sesuai dengan volume yang dibutuhkan (1-10 µl) (comecta), *LED light curing* unit (led b, woodpecker, cina) untuk polimerisasi, inkubator untuk menyimpan *fiber reinforced composite* dalam suhu 370 c (gallenkamp, uk), desiccator untuk menyimpan *fiber* dan sampel (dsgl 150, the lab depot, inc), centrifuge tube (15 ml, Iwaki, Jepang) untuk tempat/wadah perendaman sampel dan *vickers hardness testing machine* sebagai alat uji kekerasan (shimadzu micro hardness tester type-m).

Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2022 sampai Februari 2023 dan berlokasi di Laboratorium Teknik Mesin, Universitas Negeri Padang dan laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang. Setelah data terkumpul, dilakukan analisis bivariat menggunakan program spss. uji normalitas dilakukan pada data penelitian menggunakan uji homogenitas hasilnya homogen, dilakukan menggunakan uji kruskall-wallis, dan uji menggunakan mann-whitney

Prosedur Kerja terdiri dari 4 tahap, yaitu tahap pertama pemotongan *fiber*, dimana *glass fiber* diukur sepanjang 2 mm dan digunting, setelahnya ditimbang untuk menentukan berat *fiber* yang dimasukkan ke dalam sampel menggunakan neraca digital, sebelum aplikasi *fiber* disimpan di dalam desiccator (selama 24 jam). Hasil berat sampel *fiber reinforced composite* yakni 203,5 mg tiap sampel yang telah ditimbang. Selanjutnya

pada tahap kedua yaitu ukuran sampel, ukuran sampel penelitian berdasarkan rumus dari rekomendasi iso 4049:2019 standar ditetapkan ukuran untuk sampel berbentuk lingkaran diameter 4 mm tinggi 2 mm.

Tahap ketiga dilakukan pembuatan sampel. Pada tahap ini dilakukan cetakan diberi penanda pada tinggi 0,5 mm untuk posisi *fiber*, injeksikan *flowable composite* ke dalam cetakan sampai batas penanda, untuk kelompok 1 FRC dengan *glass fiber* tanpa *silane*, *fiber* langsung dimasukkan kedalam cetakan. Untuk kelompok 2 dan kelompok 3 dengan *glass fiber* di silanisasi, *glass fiber* diolesi *silane* dengan cara diambil menggunakan mikropipet sebanyak 1,7 μ l dan dioleskan pada permukaan *fiber*. Diamkan selama 1 menit dan selanjutnya dikeringkan dengan kipas portable selama 1 menit. Selanjutnya *glass fiber* dimasukkan ke dalam cetakan sampel. Kemudian dilapisi dengan *flowable composite* hingga seluruh permukaan *fiber* tertutup resin dan cetakan terisi penuh.

Permukaan *Fiber Reinforced Composite* ditutup dengan celluloid strip dilanjutkan dengan penyinaran menggunakan LED light curing tegak lurus terhadap sampel penelitian dengan jarak sedekat mungkin selama 20 detik. Setelah penyinaran selesai sampel dikeluarkan dari cetakan. Finishing menghaluskan menggunakan silicone bur. Sampel direndam dalam 15 ml saliva buatan menggunakan tabung kecil yang telah dilubangi tutupnya menggunakan jarum jahit, kemudian diikatkan pada sampel. Setelah panjang benang mencapai 80 mm, sisa benang ditempelkan pada tutup conical tube dengan menggunakan isolasi. Sampel yang telah dibuat direndam dalam saliva buatan pada suhu 37°C selama 24 jam. Selanjutnya sampel dikeluarkan dari conical tube lalu keringkan dengan menggunakan tissue dan dibiarkan di suhu ruangan selama 30 menit.

Tahap keempat dilakukan uji kekerasan. Pada tahap ini sampel dilakukan uji kekerasan dengan menggunakan alat Vickers Hardness Testing Machine. Uji ini dilakukan dengan meletakkan spesimen pada papan penyangga dengan sudut 136 derajat dari rumus ISO 6507-1 pemberian beban kepada spesimen sebesar 294,2 N selama 10 sampai 15 detik. Panjang diagonal diukur dengan mikroskop atau alat ukur yang mampu untuk menentukan panjang indentasi pada diagonal. Hasil ukur dapat dilihat dengan menggunakan Vickers hardness number. Vickers hardness number adalah angka yang diberikan sebagai hasil aplikasi tekanan dan area permukaan yang telah diukur berdasarkan indentasi dari indenter berbentuk piramid. Angka ini dapat dihitung dari besar indentasi (F) dan rata-rata diagonal (d₂) indentasi.

HASIL

Penelitian telah dilakukan dengan menggunakan tiga kelompok yaitu tanpa *silane*, 1x *silane* dan 2x *silane* dalam mengukur kekerasan *E-glass fiber non dental reinforced composite*. Hasil pengukuran menunjukkan rerata dan standar deviasi dari kekerasan *E-glass fiber non dental reinforced composite* seperti tabel berikut:

Tabel 1, Rerata dan standar deviasi kekerasan *e-glass fiber non dental reinforced composite* dengan penambahan *silane coupling agent*.

Kelompok	Kekerasan (HVN)	
	Rerata	Standar Deviasi
<i>E-glass fiber non dental reinforced composite</i> tanpa <i>silane</i>	29,81	4,04526
<i>E-glass fiber non dental reinforced composite</i> 1x <i>silane</i>	41,20	2,26779
<i>E-glass fiber non dental reinforced composite</i> 2x <i>silane</i>	43,36	2,52640

Tabel 1 menunjukkan rerata kekerasan *E-glass fiber non dental reinforced composite* dengan penambahan *silane coupling agent* diperoleh nilai rerata terendah pada kelompok tanpa *silane* yaitu 29,81 VHN dan tertinggi pada kelompok 2x *silane* yaitu 43,36 VHN. Pengolahan data menggunakan program statistic dengan terlebih dahulu melakukan uji normalitas dengan uji *Shapiro-Wilk* dengan uraian sebagai berikut:

Tabel 2. Uji normalitas kekerasan *e-glass fiber nondental reinforced composite* menggunakan uji *shapiro-wilk*

Uji Normalitas	Nilai P	Batas signifikansi	Keterangan
Kekerasan	0,002	0,05	Tidak normal

Tabel 2 menunjukkan nilai p yang kurang dari batas signifikansi menunjukkan bahwa data kekerasan tidak memiliki distribusi normal pada tingkat signifikansi 0,05. Oleh karena itu, data kekerasan dianggap tidak normal.

Tabel 3. Uji homogenitas kekerasan *e-glass fiber nondental reinforced composite* menggunakan uji *levene test*

Kelompok	Nilai p
<i>E-glass fiber non dental reinforced composite</i> tanpa <i>silane</i>	0,016
<i>E-glass fiber non dental reinforced composite</i> 1x <i>silane</i>	
<i>E-glass fiber non dental reinforced composite</i> 2x <i>silane</i>	

Tabel 3 hasil uji homogenitas menunjukkan nilai p menunjukkan signifikan, dimana $p = 0,016 < 0,05$, artinya penyebaran data terbukti tidak homogen pada semua kelompok. Berdasarkan data diatas, maka untuk melihat pengaruh penambahan *silane coupling agent* terhadap kekerasan *E-glass fiber non dental reinforced composite* digunakan uji *non parametrik kruskall wallis* dengan uraian sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil uji statistik kruskall-wall pengaruh penambahan *silane coupling agent* terhadap kekerasan *e-glass fiber non dental reinforced composite*

	Nilai p	Batas Signifikansi	Keterangan
Kekerasan	0,001	0,05	Signifikan

Tabel 4 Nilai p yang sangat rendah (0,000) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dalam kekerasan di antara kelompok-kelompok yang diuji. Hal ini menunjukkan terdapat perbedaan kekerasan dan dianggap signifikan secara statistik pada tingkat signifikansi 0,05.

Tabel 5. Hasil uji statistik menggunakan uji *mann-whitney* perbedaan penambahan *silane coupling agent* terhadap kekerasan *e-glass fiber non dental reinforced composite* pada masing-masing kelompok

Kelompok	Nilai p	Keterangan
Tanpa <i>silane</i>	1x <i>silane</i>	0,001 Signifikan
	2x <i>silane</i>	0,001 Signifikan
1x <i>silane</i>	2x <i>silane</i>	0,065 Tidak Signifikan

Tabel 5 dari hasil tabel diatas menunjukkan bahwa penggunaan *silane* pada tingkat tertentu (1x *silane* dan pada percobaan pertama dengan 2x *silane*) berhasil memberikan perubahan signifikan pada parameter yang diamati. Namun, perlu diperhatikan bahwa efek ini mungkin dapat bergantung pada dosis atau kondisi spesifik, seperti yang terlihat pada percobaan kedua dengan 2x *silane* yang tidak menunjukkan perbedaan signifikan.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian tentang pengaruh penambahan *silane coupling agent* terhadap kekerasan *E-glass fiber non dental reinforced composite* didapatkan hasil secara deskriptif nilai rerata terendah pada kelompok tanpa *silane* yaitu 29,81 VHN. Dari penelitian menunjukan bahwa tanpa *silane* kekerasan *E-glass fiber non dental reinforced composite* mendapatkan nilai rerata paling rendah.

Kelompok *E-glass fiber non dental reinforced composite* tanpa *silane* merupakan rerata terendah kekerasan *E-glass fiber non dental reinforced composite*, *Glass fiber* yang

tidak diaplikasikan *silane* akan memiliki energi permukaan rendah dan menyebabkan kemampuan adhesi material tersebut menjadi rendah dan jika ada rongga yang muncul antara fiber dan matriks sebagai titik awal keretakan dan menurunnya sifat mekanis fiber reinforced composite.⁴ *Silane coupling agent* memiliki peran penting dalam meningkatkan adhesi antara serat dan matriks resin. Jumlah aplikasi *silane* perlu disesuaikan dengan berat *fiber* untuk mendapatkan hasil yang sempurna, terutama pada *fiber* yang lebih tebal.¹⁵

Hasil penelitian kekerasan *e-glass fiber non dental reinforced composite* tertinggi pada kelompok 2x *silane* terdapat pada tabel 1 yaitu 43,36 VHN. Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambah *silane coupling agent* maka akan meningkatkan kekerasan *E-glass fiber non dental reinforced composite*. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Maulida dkk.,¹² tentang pengaruh penambahan *silane* terhadap kekuatan fleksural *reinforced composite* yang diperkuat dengan *glass fiber non-dental* didapatkan hasil penelitian bahwa rerata kekuatan fleksural dengan nilai tertinggi pada kelompok *fiber non-dental* dengan penambahan *silane* yaitu 125,44 VHN dan terendah pada kelompok *fiber non-dental* tanpa *silane* rerata 105,19 VHN. *Silane* adalah bahan yang mendukung dan meningkatkan ikatan kimia antara bahan organik (matriks) dan anorganik (*fiber*) sehingga menghasilkan reaksi kimia yang dapat meningkatkan kekuatan fleksural sehingga tanpa penambahan *silane*, berkurang dibandingkan dengan penambahan *silane*.¹²

Hasil uji statistik menggunakan uji kruskall-wall pada tabel 4 menunjukkan bahwa terdapat pengaruh penambahan *silane coupling agent* terhadap kekerasan *E-glass fiber non dental reinforced composite* dengan nilai sig $0,000 < 0,05$. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Faizah 2022 tentang Pengaruh Jumlah Aplikasi *Silane* Terhadap Kekerasan *Fiber Reinforced Composite* diperoleh hasil temuan bahwa jumlah aplikasi *silane* berpengaruh terhadap kekerasan FRC dan jumlah aplikasi *silane* yang paling efektif digunakan adalah dua kali pengaplikasian *silane* dengan volume 0,29 μ l dan dua kali pengeringan selama 30 detik.

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*. 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.¹⁶

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.¹⁷ Jumlah aplikasi *silane* harus tepat dengan berat *fiber* karena apabila semakin tebal *fiber* yang digunakan maka *silane* tidak mampu membasahi *fiber* dengan sempurna.¹²

Penambahan 2x *silane* dapat mempengaruhi kekerasan *E-glass fiber non dental reinforced composite*, hal ini akan menyebabkan pelarut menempati *innermost layer* terlebih dulu yang banyak mengandung ikatan siloksan kuat. Aplikasi yang kedua menyebabkan pelarut menempati lapisan *outermost layer* dan *intermediate layer* yang mengandung banyak oligomer sehingga melemahkan ikatan. Selanjutnya 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 di lapisan terdalam (*innermost layer*). Pada perubahan gugus alkoksilane menghasilkan gugus trialkoksilane ini yang menjadi peranan penting terhadap kekuatan adhesi pada fiber dan resin komposit dalam FRC. Selama proses perubahan gugus terjadi bersamaan dengan proses perubahan fisik dari *silane* yang awalnya bersifat cair ke kental atau semakin padat.¹⁸

Penelitian ini diharapkan dapat diterapkan secara klinis untuk penggunaan *e-glass fiber non dental* pada bidang kedokteran gigi karena penambahan 2x *silane* sudah terbukti dapat mempengaruhi kekerasan *E-glass fiber non dental reinforced composite*,

diharapkan dengan adanya penambahan 2x *silane* akan dapat membuat kekerasan FRC dengan *e-glass fiber non-dental* menjadi lebih baik, sehingga bisa dijadikan alternatif pilihan bahan yang baik.

Berdasarkan uji mann-whitney terdapat pada tabel 5 kelompok tanpa *silane* terdapat perbedaan signifikan terhadap kelompok 1x dan 2x *silane* karena nilai sig <0,05. Penambahan *silane coupling agent* mampu meningkatkan kekerasan *E-glass fiber non dental reinforced composite* dibandingkan tanpa *silane*. Adhesi kimia antara *fiber* dan matriks polimer diperoleh dengan menggunakan *silane coupling agent*.^{11,19} Penambahan *silane* pada *fiber* menghasilkan reaksi kondensasi antara kelompok silanol dengan molekul anorganik seperti *fiber* yang dapat menghasilkan ikatan dan meningkatkan kekuatan *fiber reinforced composite*.^{20,21} 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 salah satunya kekerasan serta dapat mencegah penyerapan air pada komposit.¹⁹

Penelitian ini diharapkan dapat diterapkan secara klinis untuk penggunaan *E-glass fiber non dental* pada bidang kedokteran gigi karena penambahan 2x *silane* sudah terbukti dapat mempengaruhi kekerasan *E-glass fiber non dental reinforced composite*, diharapkan dengan adanya penambahan 2x *silane* akan dapat membuat kekerasan FRC dengan *e-glass fiber non-dental* menjadi lebih baik, sehingga bisa dijadikan alternatif pilihan bahan yang baik.

Saran penelitian yaitu diperlukan penelitian lanjutan untuk memahami lebih dalam faktor-faktor yang mempengaruhi interaksi antara *silane coupling agent*, serat kaca, dan matriks resin pada komposit gigi tiruan cekat. Hasil penelitian menyarankan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penambahan *e-glass fiber non dental* sebagai bahan alternatif yang dapat terjangkau. Keterbatasan penelitian adalah sampel yang digunakan berukuran kecil dan rentan berporus yang mengakibatkan berat sampel berbeda beberapa milligram namun bias dalam penelitian ini dapat dikurangi dengan upaya melakukan pengulangan tiap kelompok uji (perbedaan posisi) masing-masing sebanyak 6 kali atau 6 sampel.

SIMPULAN

Penambahan *silane coupling agent* terhadap kekerasan *e-glass fiber non dental reinforced composite* pada gigi tiruan cekat dalam dosis yang berbeda (1x dan 2x) berpengaruh terhadap kekerasan komposit. Dosis 2x *silane coupling agent* menghasilkan kekerasan tertinggi. Implikasi klinis penelitian adalah adanya manfaat untuk pengembangan material gigi tiruan cekat yang memiliki sifat mekanis dan struktural yang optimal melalui pendekatan kuantitatif, sehingga dapat memberikan landasan yang kuat untuk memahami perubahan sifat kekerasan komposit, informasi yang objektif dan terukur.

Kontribusi Penulis: "Konseptualisasi, S.H.S dan S.W.P; metodologi, S.H.S.; perangkat lunak, S.H.S; dan S.W.P validasi, S.H.S dan S.W.P; dan D.E.; analisis formal, S.W.P.; investigasi, S.W.P.; sumber daya, S.W.P dan D.E.; kurasi data, S.H.S; dan S.W.P; penulisan penyusunan draft awal, S.H.S; dan S.W.P; penulisan tinjauan dan penyuntingan, S.H.S; dan S.W.P; visualisasi, S.H.S; dan S.W.P; supervisi, S.H.S; dan S.W.P; administrasi proyek, S.H.S; dan S.W.P; perolehan pendanaan, S.H.S; dan S.W.P Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang diterbitkan."

Pendanaan: tidak ada dukungan pendanaan dari instansi tertentu pada penelitian ini.

Persetujuan Etik: Penelitian tidak menggunakan makhluk hidup sehingga tidak memerlukan persetujuan etik

Pernyataan Ketersediaan Data: Ketersediaan data penelitian akan diberikan seijin semua peneliti melalui email korespondensi dengan memperhatikan etika dalam penelitian

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan

DAFTAR PUSTAKA

1. Stephen FR, Martin FL, Robert DW. Contemporary Fixed Prosthodontics. 6th Ed. Elsevier. 2023. p. 934
2. Shillingburg HT, Sather DA, Wilson EL, Cain JR, Mitchell DL, Blanco LJ. Fundamentals of Fixed Prosthodontics. 4th Ed. Quintessence Publishing Co. 2012. P. 1-983
3. Anusavice KJ, Shen C, Ralph Rawls. Phillips' science of dental materials. 12th ed. Elsevier. 2013. P. 1-571
4. Ronald LS, John MP. Craig's restorative dental materials. 13th ed. In British Dental J. 13th ed, Vol. 213, Issue 2). Elsevier. 2012. P. 1-412

5. Marvast MN, Akbari A, Hosseinpour S. Effects of silane treatment on the mechanical properties of e-glass fiber reinforced composites. *J Dent Res, Dent Clin, Dent Prospects*, 2018; 12(2): 94-100. DOI: [10.1088/2631-6331/ac351b](https://doi.org/10.1088/2631-6331/ac351b)
6. Faizah A, Widjijono W, Nuryono, N. Pengaruh komposisi beberapa glass fiber non dental terhadap kelarutan komponen fiber reinforced composites', *Majalah Kedokteran Gigi Indonesia*. 2017; 2(1):13-19. DOI: [10.22146/majkedgiind.11249](https://doi.org/10.22146/majkedgiind.11249).
7. Purnamasari FL, Sari W, Elianora D. Uji kekerasan fiber reinforced composite dengan e-glass fiber dental dan e-glass fiber nondental (Hardness test of reinforced composite fibre on e-glass dental fibre and non-dental fibre) *J Ked Gigi Univ Padj*. 2019;31(1):60-64. DOI: [10.24198/jkg.v31i1.18048.\(2019\)](https://doi.org/10.24198/jkg.v31i1.18048.(2019))
8. Sari WP, Yandi S, Purnama SA, Putri K, Putri AA. Uji Kandungan E Glass Fiber Non Dental Dengan Menggunakan Teknik X-Ray Fluorescence Spectrometer (Xrf). *Menara Ilmu*, 2022;16(1):122-8. DOI: [10.31869/mi.v16i1.3255](https://doi.org/10.31869/mi.v16i1.3255)
9. Zhang M, Matinlinna JP. 'E-Glass Fiber Reinforced Composites in Dental Applications', *Silicon*, 2012; 4(1): 73-78. DOI: [10.1007/s12633-011-9075-x](https://doi.org/10.1007/s12633-011-9075-x)
10. Sinamo S, Miftahullaila M, Ananda TNR. 'Pengaruh penambahan nanosilika sekam padi pada porselen opak terhadap kekerasan pada gigi tiruan jembatan keramik logam'. 2022; 5(1): 23-7. DOI: [10.34012/primajods.v5i1.2555](https://doi.org/10.34012/primajods.v5i1.2555).
11. Prasetyo D, Jati P, Raharjo WW, Ubaidillah. Pengaruh Penambahan Coupling Agent Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Polyester-Cantula Dengan Anyaman Serat 3D Angle Interlock, *Mekanika*. 2013; 12(1): 44-52.
12. Maulida F, Sari WP, Darmawangsa. D. 'flexural strength of non-dental glass fiber reinforced composite pengaruh penambahan silane terhadap kekuatan fleksural reinforced composite yang diperkuat dengan glass fiber non-dental The effect of silane addition on the', *J Ked Gigi Univ Padj*, 2019; 31(1): 43-6. DOI: [10.24198/jkg.v31i1.18095](https://doi.org/10.24198/jkg.v31i1.18095).
13. Imam DNA, Sunarintyas S, Nuryono N. 'Pengaruh Komposisi Glass Fiber Non Dental dan Penambahan Silane terhadap Kekuatan Geser Fiber Reinforced Composite sebagai Retainer Ortodonti', *Majalah Kedokteran Gigi Indonesia*, 2015;1(1):53-58. DOI: [10.22146/majkedgiind.8966](https://doi.org/10.22146/majkedgiind.8966).
14. Ahmad ZA, Ahmad MR, Rahman MYA. Enhancing the Hardness of Non-Dental E-Glass Fiber Reinforced Composite through Silane Coupling Agent Modification. *J Mat Sci Engineering*. 2019; 98, P. 1121-1127.
15. Faizah A. 'Pengaruh Jumlah Aplikasi Silane Terhadap Kekerasan Fiber Reinforced Composite', *JIKG* 2022; 5(2): 1-6 DOI: [10.23917/jikg.v5i2.19895](https://doi.org/10.23917/jikg.v5i2.19895).
16. Astabi A, Raharjo WW, Sukanto H. Pengaruh Konsentrasi Silane Coupling Agent Terhadap Sifat Tarik Komposit Serat Kenaf-Polypropylene, *Prosiding SNST*. 2015; 6(1): 82-6. DOI: [10.36499/psnst.v1i1.1125](https://doi.org/10.36499/psnst.v1i1.1125)
17. Lung CYK, Jukka PM. Aspects of Silane Coupling Agents and Surface Conditioning in Dentistry: An Overview, *Dental Materials*. 2012; 28; P. 467- 77.
18. Matisons JG. *Silicone Surfactants in Tenside, Surfactans, Detergents*, Gelest Inc, USA, 2012; P. 158- 164
19. Safwat EM, Khater AGA, Abd-Elsatar AG. 'Glass fiber-reinforced composites in dentistry', *Bulletin of the National Research Centre*. 2021; 45(1): 1-9. DOI: [10.1186/s42269-021-00650-7](https://doi.org/10.1186/s42269-021-00650-7).
20. Matinlinna JP. *Handbook of Oral Biomaterials*. 1st Ed. Jenny Stanford Publishing. 2014. DOI: [10.1201/b15644](https://doi.org/10.1201/b15644)
21. Khan AS, Azam MT, Khan M, Mian SA, Ur Rehman I. An update on glass fiber dental restorative composites: a systematic review. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2015 ; 47: 26-39. DOI: [10.1016/j.msec.2014.11.015](https://doi.org/10.1016/j.msec.2014.11.015).