

Perbedaan volumetrik e-glass fiber non-dental terhadap kekuatan fleksural fiber reinforced composite: studi eksperimental

Muhammad Habib¹ 
Widya Puspita Sari^{2*} 
Resa Ferdina³ 

¹Program studi Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah, Indonesia
²Departemen Biomaterial, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah, Indonesia
³Departemen Prosthodontia, Fakultas Kedokteran Gigi Baiturrahmah, Indonesia

*Korespondensi
Email |
widyapuspitasari@fkg.unbrah.ac.id

Submisi | 09 April 2024
Revisi | 04 Maret 2024
Penerimaan | 20 April 2025
Publikasi Online | 30 April 2025
DOI: [10.24198/jkg.v37i1.59083](https://doi.org/10.24198/jkg.v37i1.59083)

p-ISSN [0854-6002](https://doi.org/10.24198/jkg.v37i1.59083)
e-ISSN [2549-6514](https://doi.org/10.24198/jkg.v37i1.59083)

Sitasi | Habib M, Sari WP, Ferdina R.
Perbedaan volumetrik e-glass fiber non-dental terhadap kekuatan fleksural fiber reinforced composite: studi eksperimental J Ked Gi Univ Padj. 2025;37(1):18-26. DOI: [10.24198/jkg.v37i1.59083](https://doi.org/10.24198/jkg.v37i1.59083)



Copyright: © 2025 oleh penulis. diserahkan ke Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran untuk open akses publikasi di bawah syarat dan ketentuan dari Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

ABSTRAK

Pendahuluan: Gigi tiruan menjadi solusi untuk menggantikan gigi yang hilang. Gigi tiruan cekat dengan bahan *porcelain fused to metal* paling sering digunakan dalam praktik klinis namun memiliki kekurangan seperti memicu efek alergenik, memerlukan beberapa kali kunjungan, dan membutuhkan preparasi gigi *abutment* yang cukup luas. Alternatif bahan yang dapat digunakan untuk gigi tiruan cekat adalah *Fiber reinforced composite* dengan *E-glass fiber dental* yang memiliki kelebihan seperti biokompatibilitas baik, memiliki kekuatan kompresi dan estetika yang baik. Ketersediaan *E-glass fiber dental* di Indonesia masih terbatas dengan harga yang cukup mahal. *E-glass fiber non dental* secara umum telah digunakan di bidang teknik yang memiliki komposisi hampir sama dengan *E-glass fiber dental*. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis perbedaan volumetrik *E-glass fiber non dental* terhadap kekuatan fleksural *Fiber reinforced composite*. **Metode:** Penelitian *Fiber reinforced composite* berbentuk balok ukuran 25mm x 2mm x 2 mm yang terbagi menjadi 4 kelompok yaitu kelompok kontrol *E-glass fiber dental* volumetrik 3,8 vol % dan kelompok dengan *E-glass fiber non dental* volumetrik 0 vol %, volumetrik 3,8 vol %, volumetrik 7,3 vol % dengan jumlah 6 sampel masing-masing kelompok lalu diuji dengan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Analisis data menggunakan uji *One Way Anova*. **Hasil:** hasil uji pada *Fiber reinforced composite* pada kelompok volumetrik 7,3 vol % memiliki kekuatan fleksural tertinggi dengan nilai 220,51 MPa dan pada volumetrik 0 vol % memiliki nilai terendah 158,27 MPa. Hasil uji *one way ANOVA* dengan nilai $p = 0,000 (<0,05)$. **Simpulan:** Terdapat perbedaan volumetrik *E-glass fiber non dental* terhadap kekuatan fleksural *Fiber reinforced composite*.

Kata kunci

E-glass fiber non dental, Fiber reinforced composite, Kekuatan fleksural, Volumetrik fiber

Differences of volumetric e-glass fiber non-dental on flexural strength of fiber reinforced composite : study experimental

ABSTRACT

Introduction: Dentures are a solution to replace missing teeth. Porcelain-fused-to-metal fixed dentures are most commonly used in clinical practice but have disadvantages such as triggering allergic reactions, requiring multiple visits, and requiring extensive abutment tooth preparation. An alternative material that can be used for a fixed denture is fiber-reinforced composite (FRC) with E-glass fiber, which offers advantages such as good biocompatibility, compressive strength and favorable aesthetics. However, the availability of dental-grade E-glass fiber in Indonesia is still relatively expensive. Non-dental E-glass fiber, commonly used in the engineering field which has almost the same composition as dental E-glass fiber. The purpose of this study was to analyze the different volumes of non-dental E-glass fiber on the flexural strength of fiber-reinforced composite. **Method:** This was an experimental study using fiber-reinforced composite blocks containing non-dental E-glass fiber. Each block measured 25 mm x 2 mm x 2 mm and was divided into four groups, a control group with dental E-glass fiber at 3,8 vol% and three groups with non-dental E-glass fiber at 0 vol%, 3.8 vol%, and 7.3 vol%, respectively. Each group included six samples, which were tested using a Universal Testing Machine (UTM). Data were analyzed using One-Way Anova. **Results:** The group with non-dental E-glass fiber at 7.3 vol% demonstrated the highest flexural strength, with a value of 220.51 MPa. The group with 3.8 vol% fiber showed a flexural strength of 201.61 MPa, while the group without fiber (0 vol%) had the lowest strength at 158.27 MPa. **Conclusion:** There is a significant difference in the flexural strength of fiber-reinforced composite depending on the volume of non-dental E-glass fiber used.

Keywords

E-glass fiber non dental, Fiber reinforced composite, Flexural strength, Volumetric fiber

PENDAHULUAN

Pembuatan gigi tiruan merupakan cara untuk mengganti gigi yang hilang. Gigi tiruan jembatan merupakan salah satu jenis gigi tiruan cekat. Dalam perawatan gigi tiruan jembatan salah satu bahan yang umum digunakan adalah *Porcelain fused to metal* (PFM).¹ Restorasi PFM memiliki keterbatasan dalam hal sifat mekanik logam yang dapat mempengaruhi warna dari porselen sehingga dari segi estetikanya berkurang dan membutuhkan preparasi gigi yang cukup luas.² Salah satu bahan alternatif pada pembuatan gigi tiruan cekat adalah *Fiber Reinforced Composite* (FRC).³ FRC menawarkan estetika yang baik, tidak korosif, bebas dari logam, memiliki stabilitas warna yang baik, hanya memerlukan satu kali kunjungan serta preparasi yang minimal invasif.^{4,5} Bahan FRC sudah banyak dikembangkan dalam kedokteran gigi, salah satunya menggunakan *polyethylene fiber* atau *glass fiber*.⁶

E-glass fiber lebih sering digunakan dibandingkan jenis *glass fiber* lainnya di kedokteran gigi dengan tingkat penggunaan mencapai 50%.⁷ Komposisi *E-glass fiber dental* terdiri dari SiO₂ (45,47%), CaO (38,49%), Al₂O₃ (12,11%), dan K₂O (0,94%).⁸ Kelebihan *E-glass fiber dental* seperti stabilitas kimia yang lebih baik, daya tahan terhadap lingkungan mulut, serta kemampuan untuk melekat dengan kuat pada resin *composite*.⁷ Namun di Indonesia ketersediaannya terbatas, harganya relatif tinggi serta memerlukan waktu pemesanan yang lama. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan menggunakan *E glass fiber non dental* sebagai alternatif.⁹

E-glass fiber non-dental sangat populer dalam industri kedirgantaraan, sebagai material substitusi dalam otomotif, kelautan, dan teknik sipil, digunakan dalam pembuatan tangga, platform, tangki, pipa, dan pompa.¹⁰ Penelitian yang dilakukan Sari (2022) menunjukkan komposisi *E glass fiber non dental* mengandung SiO₂ (39,53%), CaO (46,31%), Al₂O₃ (8,17%), dan K₂O (0,64%) yang dapat mempengaruhi sifat fisik dan mekanis. Hal ini membuktikan bahwa *E-glass fiber non-dental* mempunyai kandungan yang hampir sama dengan *E-glass fiber dental*,¹¹ sehingga diharapkan dapat dijadikan sebagai substitusi dari *glass fiber dental* dalam penerapan kedokteran gigi.¹²

Sifat material di kedokteran gigi terdiri dari sifat mekanik, sifat fisik dan sifat biologis.¹³ Dalam konteks kedokteran gigi, karakteristik mekanik mencakup tegangan dan regangan, serta kekuatan dan kekerasan.¹⁴ Sifat FRC pada sifat mekanik memiliki kekuatan kompresi, kekerasan, kekuatan fleksural, kekuatan fraktur. Kekuatan fleksural juga didefinisikan sebagai suatu kekuatan terhadap material agar dapat menahan deformasi beban bawah serta merupakan kemampuan sebuah bahan untuk menahan tekanan saat ditekan, dipengaruhi oleh kombinasi gaya geser, tarikan, dan tekanan yang terjadi saat proses mengunyah makanan.^{15,16}

Menurut penelitian Sari¹⁷ komposisi *glass fiber non dental* berpengaruh terhadap kekuatan fleksural. Banyak elemen yang bisa memengaruhi kekuatan mekanik termasuk karakteristik komposit dan *fiber* yang diterapkan, volume dan posisi *fiber*, serta hubungan *fiber* dengan material sekitarnya.¹⁸ Volumetrik *fiber* sangat berkaitan dengan kemampuan sebagai transfer tekanan dari matriks ke *fiber*, sehingga jumlah *fiber* yang ditempatkan dengan benar dapat meningkatkan kekuatan gigi tiruan.¹⁹ Peningkatan volumetrik mampu meningkatkan sifat mekanik komposit seperti kekuatan kompresi. Volumetrik *fiber* dapat dinyatakan dengan berat dalam persen atau volume dalam persen.^{3,20} Peningkatan jumlah *fiber* dalam resin dapat meningkatkan kekuatan FRC yang lebih tinggi.³ Menurut penelitian Fonseca dkk 2014 membuktikan bahwa jumlah (volume) *fiber* yang lebih besar dapat meningkatkan kekuatan fleksural yang signifikan.²¹

Terdapat penelitian terdahulu yang mengevaluasi potensi *E-glass fiber non dental*, namun belum ada mengenai pengaruh volumetrik terhadap kekuatan fleksural dimana faktor ini krusial untuk optimasi material. Penelitian ini diharapkan sebagai alternatif inovatif sehingga membuka peluang pemanfaatan material industri untuk aplikasi dental

dengan kekuatan fleksural yang memadai. Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan, maka bisa dirumuskan masalah yakni apakah terdapat dampak volumetrik *E-glass fiber non-dental* terhadap kekuatan fleksural *fiber reinforced composite*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perbedaan volumetrik *E-glass fiber non-dental* terhadap kekuatan fleksural *fiber reinforced composite*.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental laboratorium dengan pendekatan kuantitatif. Metode eksperimental laboratorium melibatkan pengaturan kontrol eksperimental untuk menguji hubungan sebab akibat. Pendekatan kuantitatif bertujuan mengumpulkan data yang dapat diukur secara numerik untuk analisis statistik. Cara pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan *purposive sampling* yang merupakan teknik penentuan sampel dengan pertimbangan atau kriteria tertentu sesuai tujuan dan variabel penelitian. Penentuan jumlah sampel berdasarkan rumus Federer $(n-1)(t-1) \geq 15$, $(n-1)(4-1) \geq 15 \rightarrow 3(n-1) \geq 15 \rightarrow n \geq 6$. Terdiri dari 4 kelompok yaitu kelompok kontrol *E-glass fiber dental* volumetrik 3,8 vol % dan kelompok dengan *E-glass fiber non dental* volumetrik 0 vol %, volumetrik 3,8 vol %, volumetrik 7,3 vol % dengan jumlah 6 sampel masing-masing.

Penggunaan metode ini memberikan peneliti kemampuan untuk memilih sampel secara spesifik memenuhi kriteria yang relevan dengan tujuan dan fokus pada variabel yang diinginkan. Sampel berbentuk balok dengan ukuran 25mm x 2 mm x 2mm.^{17,22}

Instrumen penelitian yang digunakan berupa neraca digital elektronik dengan ketelitian 0,01 mg untuk menimbang berat dari sampel (KERN & Sohn GmbH), Gunting untuk memotong *fiber*, Cetakan *mould* dengan ukuran 25 mm x 2 mm x 2 mm, *Glass plate* untuk alas dalam pembuatan sampel, *Plastic filling instrument* untuk merapikan dan meratakan matriks resin *composite*, *Pinset* untuk meletakkan *fiber* pada posisi yang diinginkan dalam cetakan, Mikro pipet untuk mengambil *silane* sesuai dengan volume yang dibutuhkan (1-10 µl) (*White tip*), *LED light curing unit* (LED B, *woodpecker*, Cina) untuk polimerisasi, Inkubator untuk menyimpan *fiber reinforced composite* dalam suhu 37°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, *Universal Testing Machine* (UTM) sebagai alat uji kekuatan fleksural.¹⁷ Pelaksanaan penelitian dilakukan dari Oktober hingga Desember 2023, dengan lokasi penelitian di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada dan Laboratorium Farmasi Universitas Perintis Indonesia.

Prosedur kerja terdiri dari 4 tahap. Tahap pertama pemotongan *fiber* dan penghitungan volumetrik *fiber*, dimana *glass fiber* diukur menggunakan penggaris dengan panjang 24 mm dan kemudian dipotong dengan gunting. Selanjutnya ditimbang menggunakan neraca digital sebanyak 6,3 mg. Sebelum diaplikasikan, *fiber* disimpan dalam *desiccator* selama 24 jam. Hasil pengukuran adalah berat 1 bundel *E-glass fiber dental* (WF)=6,3 mg, berat sampel/resin tanpa *fiber* (Wr) = 203,5 mg, densitas resin (rr)=2,3 g/cm³ dan densitas *E-glass fiber* (rf)=2,6 g/cm³.²²

Penghitungan fraksi volumetrik *fiber* pada sampel FRC yaitu dengan transformasi rumus volumetrik ($V_f (\%) = (WF/rf)/(WF/rf+Wr/rr) \times 100\%$) dan didapatkan Volumetrik 1 sebanyak 3,8 vol % dan Volumetrik 2 sebanyak 7,3 vol %. Selanjutnya tahap kedua pengelompokan sampel yang terdiri dari kelompok 1 kontrol positif Resin *composite* + *E-glass fiber dental*, kelompok 2 Resin *composite* + *E-glass fiber non dental* dengan *fiber* pada volumetrik sebanyak 0 vol %, kelompok 3 Resin *composite* + *E-glass fiber non dental* dengan *fiber* pada volumetrik sebanyak 3,8 vol %, kelompok 4 sampel terdiri dari Resin *composite* + *E-glass fiber non dental* dengan *fiber* pada volumetrik sebanyak 7,3 vol %. *E glass fiber non dental* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. E glass fiber non dental

Tahap ketiga dilakukan pembuatan sampel. Cetakan *mould* diberi penanda pada tinggi 0,5 mm untuk posisi *fiber*. Injeksikan *flowable composite* ke dalam cetakan sampai batas penanda *fiber* di *silanisasi* (1,7 μ l *silane* diambil menggunakan mikropipet), didiamkan selama satu menit, lalu dikeringkan selama satu menit menggunakan kipas angin listrik. *Fiber* kemudian dimasukkan ke dalam setiap cetakan sampel setelah komposit diinjeksikan hingga batas penanda. Permukaan komposit yang diperkuat *fiber* dilapisi dengan strip seluloid, yang kemudian diaplikasikan aluminium foil. Foil ini kemudian dibagi menjadi tiga bagian berdasarkan jarak penembusan cahaya. Proses penyinaran kemudian dilakukan selama 20 detik dengan menggunakan curing cahaya LED pada sudut tegak lurus terhadap sampel penelitian.

Setelah penyinaran, sampel diekstraksi dari cetakan dengan menggunakan bur silikon. Selanjutnya, tabung kecil yang ditusuk dengan jarum jahit digunakan untuk menahan sampel di tempatnya saat direndam dalam 15 ml air saliva buatan. Isolasi digunakan untuk mengamankan benang yang tersisa ke tutup tabung berbentuk kerucut setelah mencapai panjang 80 mm. Sampel yang telah disiapkan direndam dalam air saliva sintesis pada suhu 37°C selama satu hari penuh. Setelah dikeluarkan dari tabung kerucut, sampel dikeringkan dengan tisu dan didiamkan pada suhu kamar selama setengah jam.¹⁷

Tahap keempat uji kekuatan fleksural dan analisis statistik. Sampel dilakukan dengan uji kekuatan fleksural dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Uji ini dilakukan dengan cara meletakkan spesimen melintang pada papan penyangga dengan jarak tumpuan 20 mm (L), kemudian pada sumbu vertikal diberikan gaya tepat di tengahnya dengan kecepatan konstan hingga terjadinya fraktur dan pada monitor akan muncul suatu angka (P) yang merupakan tekanan maksimal yang dapat diterima oleh sampel. Cara perhitungan kekuatan fleksural dengan menggunakan rumus modulus fleksural.²³ Selanjutnya data pengukuran yang diperoleh dimasukkan ke dalam rumus dan setelah itu hasilnya dianalisis secara statistik dengan uji *ANOVA*. Perangkat lunak SPSS digunakan untuk melakukan analisis bivariat setelah pengumpulan data. Setelah itu, *Shapiro-Wilk* digunakan untuk menilai hasil penelitian (data primer) untuk normalitas data dan menentukan apakah data terdistribusi secara normal. Selanjutnya *Levene's Test* digunakan untuk melakukan uji homogenitas. Data penelitian yang terkumpul, dilakukan uji *One Way ANOVA* dan dilanjutkan dengan menunjukkan perbedaan rata-rata menggunakan uji *Post Hoc LSD* jika ada perbedaan.

HASIL

Tabel 1 di atas menunjukkan bahwa kelompok *E-glass fiber non dental Reinforced Composite* dengan volumetrik sebanyak 7,3 vol% memiliki kekuatan fleksural rata-rata tertinggi, sedangkan kelompok *E-glass fiber non dental Reinforced Composite* dengan volumetrik sebanyak 0 vol% memiliki nilai terendah.

Tabel 1. Volumetrik E-glass Fiber non dental terhadap kekuatan fleksural fiber reinforced composite

Variabel	Rerata Kekuatan Fleksural (MPa)	SD
<i>E-glass fiber dental reinforced composite volumetrik 3,8 vol %</i>	172,86	1,20
<i>E-glass fiber non dental reinforced composite volumetrik 0 vol %</i>	158, 27	3,61
<i>E-glass fiber non dental reinforced composite volumetrik 3,8 vol %</i>	201,61	3,23
<i>E-glass fiber non dental reinforced composite volumetrik 7,3 vol %</i>	220,51	3,32

Data eksperimen diperiksa secara statistik memanfaatkan uji *One Way Anova* untuk menentukan apakah volumetrik *E-glass fiber non dental* berdampak pada kekuatan lentur komposit yang diperkuat *fiber*. Syarat untuk melakukan uji *One Way Anova*, yaitu data yang homogen dan terdistribusi secara normal, harus dipenuhi. Uji *Saphiro-Wilk* digunakan untuk melakukan uji normalitas untuk menentukan apakah data terdistribusi secara normal.

Tabel 2. Hasil uji one way anova volumetrik E-glass fiber non dental terhadap kekuatan fleksural fiber reinforced composite

Variabel	Nilai p
Kekuatan Fleksural	0,001

Tabel untuk uji *One Way Anova* dengan perolehan $p=0,000(<0,05)$ artinya Ha diterima atau terdapat pengaruh pada semua kelompok, berikutnya dilaksanakan uji *Post Hoc* dengan uji LSD untuk mengamati perbedaan antara 2 kelompok.

Tabel 3. Hasil Uji post hoc LSD volumetrik E-glass fiber non dental terhadap kekuatan fleksural fiber reinforced composite.

Sampel	Nilai p
0 vol % - 3,8 vol %	0,001*
0 vol % - 7,3 vol %	0,001*
3,8 vol % - 7,3 vol %	0,001*

Tabel 3 untuk uji Post Hoc dengan uji LSD didapatkan nilai $p = 0,000(<0,05)$ artinya terdapat perbedaan rerata antara kelompok 0 vol % dengan 3,8 vol %, 0 vol % dengan 7,3 vol %, 3,8 vol % dengan 7,3 vol % pada dua kelompok yang berbeda.

PEMBAHASAN

Tabel 1 di atas menunjukkan bahwa kelompok *E-glass fiber non dental Reinforced Composite* memiliki kekuatan lentur rata-rata tertinggi, dengan volumetrik 7,3 vol%. Hal ini sejalan dengan penelitian Fransiska (2019) juga menunjukkan bahwa hasil kekuatan fleksural FRC dipengaruhi oleh persentase volume *fiber* seiring dengan peningkatan volume *fiber* untuk meningkatkan kekuatan fleksural.²⁴ Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan lentur meningkat dengan bertambahnya volume *fiber*. Salah satu kunci efektivitas FRC adalah volumetrik *fiber*, terutama dalam hal meningkatkan kekuatan mekanisnya. Material FRC semakin kuat dengan semakin tingginya volume *fiber*.²⁰

Kekuatan fleksural adalah kombinasi dari kekuatan geser, tarik dan kompresi saat sedang proses pengunyahan.¹⁶ Kekuatan fleksural suatu bahan yang baik dapat menahan beban dari tekanan pada saat proses mastikasi.¹⁵ Pemilihan material pada saat restorasi memerlukan pemilihan material yang kekuatan fleksuralnya tinggi supaya restorasi dapat bertahan tanpa mengalami fraktur.²⁵

Salah satu elemen yang dapat memengaruhi peningkatan kekuatan mekanis adalah volumetrik *fiber*.²⁶ *Fiber* yang dimasukkan ke dalam resin *composite* memiliki banyak manfaat, termasuk meningkatkan kekuatan dan tegangan lentur, serta meningkatkan kualitas mekanis.²⁷ Kelompok *E-glass fiber non-dental* mengungguli kelompok *E-glass fiber dental* dalam hal kekuatan lentur. Hal ini menunjukkan variasi komposisi antara *E-glass fiber dental* dan *E-glass fiber non dental*. Kekuatan perlekatan antara *fiber* dan matriks dapat dipengaruhi oleh karakteristik dan susunan material.²⁸ Menurut penelitian Sari (2022) membuktikan hasil pada pemeriksaan uji *X-Ray Fluorecence* (FRC) *E-glass fiber non dental* terdapat kandungan TiO_2 (0,99%) dan ZrO_2 (0,05%), sedangkan pada *E-glass fiber dental* terdapat kandungan TiO_2 (0%) dan ZrO_2 (0%).^{8,11}

Perbedaan konsentrasi TiO_2 dan ZrO_2 tersebut didapatkan *E-glass fiber non dental* memiliki konsentrasi lebih tinggi daripada *E-glass fiber dental*. Kekuatan ketahanan korosi dari TiO_2 berasal dari lapisan oksida yang terbentuk secara alami pada permukaan titanium yang merupakan lapisan tipis dan keras yang berfungsi sebagai pelindung terhadap korosi. Lapisan ini banyak digunakan karena terdapat ketahanan korosi yang tinggi untuk meningkatkan kekuatan mekanis.²⁹

Kandungan TiO_2 juga berperan penting sebagai *filler* yang dapat meningkatkan sifat mekanik karena *filler* yang ada dalam *fiber* akan mengisi ruang kosong dan mengurangi porositas, sehingga meningkatkan kepadatan sampel. TiO_2 dapat berfungsi dengan baik jika dilakukan silanisasi untuk membentuk ikatan yang kuat antara resin komposit dengan *fiber* supaya tidak mudah retak pada gigi tiruan.³⁰ Kandungan ZrO_2 juga dapat meningkatkan karakteristik sifat mekanik komposit, termasuk kekuatan fleksural serta ketahanan aus yang baik.³¹

Kandungan ZrO_2 berperan penting sebagai penurunan porositas yang memiliki ukuran partikel dan struktur mikro yang halus yang sangat diperlukan untuk meningkatkan kekuatan sifat mekanis.³² Kekuatan fleksural secara signifikan dipengaruhi oleh variabel komposisi *fiber*.¹⁷ Dalam kedokteran gigi, komposisi bahan juga dapat berdampak pada kualitas mekanik, warna, dan ketahanannya, sehingga memberikan pilihan pada kedokteran gigi dengan bahan *E-glass fiber*.¹²

Hasil penelitian juga menggambarkan bahwa pada kelompok *E-glass fiber non dental reinforced composite* volumetrik 0 vol % menghasilkan rata-rata kekuatan fleksural yang paling rendah. Hal ini membuktikan bahwa dengan tidak adanya kandungan *fiber* dalam resin komposit membuat kekuatannya menjadi rendah. Hal tersebut disebabkan karena resin *composite* mempunyai limitasi dalam sifat fisik yakni penyusutan polimerisasi, mudah menyerap air dan bersifat porositas.³³

Bahan restoratif memiliki dampak negatif dari penyerapan air, yang dapat mengurangi ketahanan aus dan menyebabkan kualitas mekanis memburuk. Hal ini karena struktur pengisi partikel resin komposit tidak memiliki orientasi yang pasti, maka pengisi yang terisi secara keseluruhan tidak padat atau memiliki celah kecil di dalamnya, menyebabkan resin komposit tanpa *fiber* mudah patah dan terbagi menjadi dua.³⁴

Hasil tabel 2 untuk uji *One Way Anova* dengan perolehan $p=0,001$ ($p<0,05$) artinya H_0 diterima atau terdapat perbedaan pada semua kelompok. Menurut penelitian Septomi dkk (2014) menunjukkan bahwa perbedaan volumetrik *fiber* berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan fleksural *fiber reinforced composite*.¹⁹ Hal ini menggambarkan bahwa dengan volumetrik yang berbeda pada setiap kelompok bisa menghasilkan kekuatan fleksural yang signifikan pada *E-glass fiber non dental*. Volumetrik *fiber* sangat berkaitan dengan kemampuan sebagai transfer tekanan dari matriks ke *fiber*, sehingga jumlah *fiber* yang ditempatkan dengan baik dapat meningkatkan kekuatan fleksural gigi tiruan.¹⁴

Peningkatan volume *fiber* dalam resin dapat meningkatkan kekuatan FRC yang lebih tinggi.³ Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa beban matriks pada FRC dapat disalurkan ke *fiber* dengan penambahan volumetrik *fiber*, yang berarti bahwa kekuatan yang diperoleh dari FRC terus bertambah seiring dengan bertambahnya volume *fiber*. Faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan fleksural adalah kombinasi antara ikatan *fiber* dan resin *composite*.³⁵

Kekuatan resin komposit dapat ditingkatkan dengan adanya hubungan yang kuat antara *fiber* dan matriks resin, yang juga memiliki kemampuan ikatan yang baik.³⁶ Ikatan yang kuat antara *glass fiber* dan matriks resin merupakan hasil dari bahan pengikat *silane coupling agent*, sangat terkait dengan kemampuan serat untuk meningkatkan kekuatan lentur.³ Ko-polimerisasi menciptakan hubungan antara zat pengikat dan matriks polimer, kondensasi antara gugus silanol dan permukaan *glass fiber* membentuk rantai siloksan.⁷ *Glass fiber* yang telah di silanisasi memiliki lebih banyak energi permukaan, yang meningkatkan impregnasi matriks. Hal ini secara signifikan menghasilkan kekuatan fleksural yang lebih baik.³⁷

Hasil tabel 3 terdapat perbedaan kekuatan fleksural yang signifikan antara kelompok 0 vol % dengan 3,8 vol % dan kelompok 0 vol % dengan 7,3 vol %. Menurut penelitian Attika dkk (2021) menunjukkan bahwa komposit yang diberikan *fiber* memiliki kekuatan yang lebih tinggi.⁴⁰ Komposit yang diperkuat *fiber* dapat mempertahankan ketahanan patahnya secara signifikan lebih baik bila dibandingkan dengan *composite* tanpa *fiber*.³⁸ Sampel komposit yang diperkuat *fiber* tetap melekat bahkan setelah sampel patah.³⁹ Hal ini menunjukkan bahwa *E-glass fiber non dental reinforced composite* dengan *fiber* dapat memberikan kekuatan yang lebih baik dibandingkan dengan *E-glass fiber non dental reinforced* tanpa *fiber*.

Perbedaan juga terdapat pada kelompok 3,8 vol % dengan 7,3 vol % (tabel 3) secara signifikan. Hal ini menunjukkan dengan adanya penambahan volumetrik *fiber* di setiap kelompok dapat memiliki perbedaan yang signifikan. Penambahan volumetrik *fiber* ke dalam resin komposit menunjukkan peningkatan sifat mekanis dan dapat mengurangi penyerapan air.²⁸ Menurut penelitian Fonseca dkk (2014) membuktikan bahwa volumetrik *fiber* yang lebih besar dapat meningkatkan kekuatan fleksural yang signifikan.³⁷

Berdasarkan hal ini, analisis peneliti mengungkapkan bahwa penelitian ini dalam hal aspek mekanis, khususnya kekuatan fleksural, penggunaan *E-glass fiber non-dental* memiliki kekuatan fleksural yang lebih unggul jika dibandingkan dengan *E-glass fiber dental*. Hal ini menunjukkan bahwa *E-glass fiber non-dental* dapat menjadi alternatif yang layak ketika membuat komposit yang diperkuat *fiber* dalam kedokteran gigi. Hasil penelitian ini akan sangat membantu dalam bidang kedokteran gigi, terutama yang berkaitan dengan bahan gigi tiruan yang perlu memiliki kekuatan fleksural yang tinggi untuk mencegah fraktur perbaikan.⁴¹

Keterbatasan penelitian ini karena *E-glass fiber non dental* masih dalam bentuk *roving* (lurus) perlu ketelitian dalam mengaplikasikan pada *mould* yang sudah berisi resin komposit, diharapkan selanjutnya bisa mengembangkan material ini untuk bisa dibuat dalam bentuk *woven roving* (anyaman) sehingga memudahkan pada saat aplikasi baik dalam penelitian maupun di rongga mulut.

SIMPULAN

Terdapat perbedaan volumetrik *E-glass fiber non dental* terhadap kekuatan fleksural *Fiber reinforced composite*. Kekuatan fleksural tertinggi terdapat pada kelompok *E-glass*

fiber non dental dengan volumetrik 7,3 vol% dan kekuatan fleksural terendah terdapat pada kelompok 0 vol%. Penggunaan *E-glass fiber non-dental* menggambarkan kekuatan fleksural yang baik. Implikasi penelitian *E glass fiber non dental* dapat menjadi alternatif pengganti *E-glass fiber dental* yang memiliki sifat mekanis sesuai standar kedokteran gigi dengan harga terjangkau.

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

Pendanaan: Dukungan pendanaan publikasi dari Universitas

Persetujuan Etik: Penelitian tidak menggunakan manusia 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

- King PA, Foster LV, Yates RJ, Newcombe RG, Garret MJ. Survival Characteristics of 771 Resin-retained Bridges Provided At A UK Dental Teaching Hospital. *British Dent J*. 2015;218(7):423-428. <https://doi.org/10.1038/sj.bdi.2015.250>
- Ottawa,. Porcelain-Fused-to-Metal Crowns Versus All-ceramic Crowns: A Review of the Clinical and Cost-Effectiveness. *Dent J*. 2015;12(2):1-50. DOI : PMID: 26180882
- Khan AS, Azam MT, Khan M, Mian SA, Rehman IU. An update on glass fiber dental restorative composites: a systematic review. In *Materials Sci and Eng*. 2015 ;47:26–39. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2014.11.015>
- Safwat EM, Khater AG, Abd-Elstatar AG, Khater GA. Glass Fiber- Reinforced Composites In Dentistry. *BNRC springer*. 2021;45(190):1-9. <https://doi.org/10.1186/s42269-021-00650-7>
- Janani K, Khandelwal A, dan Ajitha P. Fiber reinforced composite in dentistry – A review. *J Drug Inv Today*. 2020;13(6):31-35. DOI. 0975-7619
- Mangoush E, Sailynoja E, Prinssi E, Lassila L, Vallittu PK, Garoushi S. Comparative evaluation between glass and polyethylene fiber reinforced composites: a review of the current literature. *Biomaterials and Bioeng in Dent*. 2017;9(12):1-11. <https://doi.org/10.4317/jced.54205>
- Matinlinna JP. *Handbook of oral biomaterials*. 2015. Florida : CRC Press. p255-273. DOI : ISBN 978-981-4463-12-6
- Sari WP, Sumantri D, Imam DNA, Sunarintyas S. Pemeriksaan komposisi glass fiber komersil dengan teknik X-RAY Fluorescence Spectrometer (XRF). *J B-Dent*. 2014;1(2):156-16. <https://doi.org/10.33854/JBDjbd.30>
- Harniati ED, Widjijono W, dan Dharmastiti R. Orientation and type of non-dental glass fiber towards the flexural of fiber reinforced composite. *Indonesian J of Dentistry*. 2021;1(1):1-7. <https://doi.org/10.26714/ijid.v1i1.6861>
- Landesmann A, Seruti CA, dan Batista EDM. Mechanical properties of glass fiber reinforced polymers members for structural applications. *Materials Research*. 2015;18(6):1372–1383. <https://doi.org/10.1590/1516-1439.044615>
- Sari WP, Satria Y, Sugeng AP, Kurnia P, Adiva AP. Uji kandungan E- glass fiber non dental dengan menggunakan teknik X-Ray Fluorescence Spektrofotometer (XRF) Test Content of Non Dental E-Glass Fiber Using X- Ray Fluorescens Spektrofotometer (XRF). *Menara Ilmu*. 2022;16(1):122-128. <https://doi.org/10.31869/mi.v16i1.3255>
- Faizah A, Widjijono W, dan Nuryono N. Pengaruh komposisi beberapa glass fiber non dental terhadap kelarutan komponen fiber reinforced composites. *Maj Ke Gigi Indonesia*. 2016;2(1):13. <https://doi.org/10.22146/maikedgiind.11249>
- McCabe JF, dan Walss AWG. *Applied Dental Materials*. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran. 2014. p. 6-31.
- Fouad H, Mourad AHI, ALshammari BA, Hassan MK, Abdallah MY, Hashem M. Fracture toughness, vibration modal analysis and viscoelastic behavior of kevlar, glass, and carbon fiber/ epoxy composites for dental-post applications. *J Mechanical Behavior of Biomed Material*. 2020;101. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2019.103456>
- Mathew M, Shenoy K, Ravishankar KS. Flexural Strength of E-glass- reinforced PMMA. *Intern J of Experimental Dent Sci*. 2014;3(1):24-28. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10029-1063>
- Magwa K, Ahirwar A, Bhargava A, Khurana N, Mishra N, Nigam AS. Comparative analysis of flexural strength of four commercially available dental restorative materials. *Intern J Health Sci*. 2022;2577–2586. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS1.5326>
- Sari WP, Sunarintyas S, Nuryono N. Pengaruh komposisi beberapa glass fiber non dental terhadap kekuatan fleksural fiber reinforced composite. *J B-Dent*. 2015;2(1):29-35. <https://doi.org/10.33854/JBDjbd.12>
- Prasetyo SP, Harniati ED, Budiono. Pengaruh PH asam terhadap kekuatan mekanik fiber e-glass: systematic review. *J UNIMUS*. 2020;21(2):1-10. <http://dx.doi.org/10.26714/ijid.v2i2.8308>
- Septommy C, Rini D, Prostoponsia B. Pengaruh posisi dan fraksi volumetrik fiber terhadap kekuatan fleksural fiber reinforced composite. *Dent J*. 2014;47(1):52-56. <https://doi.org/10.20473/j.djmk.v47.i1.p52-56>
- Sumantri D, Sunarintyas S, Herawati D. Pengaruh orientasi dan volumetrik glass fiber non dental terhadap kekuatan perlekatan geser fiber reinforced composites untuk splinting periodontal. *J B-Dent*. 2015;2(1):1-9. <https://doi.org/10.33854/JBDjbd.5>

21. Fonseca RB, Favarao IN, Kasuya AV, Abrao M, Luz NFD, Naves LZ. Influence of glass fiber wt% and silanization on mechanical flexural strength of reinforced acrylics. *J Mater Sci Chemical Eng*. 2014;2(2) <https://doi.org/10.4236/msce.2014.22003>
22. Aisya PU, Sari WP, Darmawangsa. Perbedaan efek penambahan silane coupling agent terhadap kekuatan fleksural e-glass fiber non dental reinforced composite: studi eksperimental. *Padj J Dent Res Stud*. 2024;8(3):378-386. <https://doi.org/10.24198/pjdrs.v8i3.57887>
23. Bonsor SJ, Pearson GJ. *A Clinical Guide to : Applied Dental Materials*. Churchill Livingstone. Elsevier. ISBN; 9780702046964. 2014
24. Fransiska A, Sunarintyas S, Dharmastiti R. Effect of bombyx mori silk-fiber volume on flexural strength of fiber-reinforced composite. *Maj Ked Gigi Indonesia*. 2019; 4(2):75. <https://doi.org/10.22146/majkedgiind.25186>
25. Dathan PC, Nair KC, Kumar AS, AR L. Flexural strength is a critical property of dental materials-an overview. *Acta Scientific Dent Sci*. 2023;7(7):99–103. <https://doi.org/10.31080/ASDS.2023.07.1667>
26. Egilmez F, Ergun G, Cekic-Nagas I, Vallittu PK, Lassila LVJ. Factors affecting the mechanical behavior of Y-TZP. *J Mechanical Behavior Biomed Materials*. 2014;37:78–87. <https://doi.org/10.1016/j.imbbm.2014.05.013>
27. Prashanth S, Subbaya KM, Nithin K. Fiber reinforced composites-a review. *J Material Sci Eng*. 2017;6(341):1-6. <https://doi.org/10.4172/2169-0022.1000341>
28. Fabricio AR, Jose Renato QC, Fabiola LPP, Helcio RNJF, de Carvalho RF, Mutlu O. Evaluation of bond strength between glass fiber and resin composite using different protocols for dental splinting. *European J General Dentistry*. 2014;2(3):281-285. <https://doi.org/10.4103/2278-9626.116008>
29. Naji SA, Behroozibakhsh M, Kashi TSJ, Eslami H, Rakhshan V. Effects of incorporation of 2.5 and 5 wt% tio₂ nanotubes on fracture toughness, flexural strength, and microhardness of denture base poly methyl methacrylate (PMMA). *J Adv Prosthodont*. 2018;1(10):113-121. <https://doi.org/10.4047/jap.2018.10.2.113>
30. Gad MM, dan Abualsaud R. Behavior of PMMA Denture Base Materials Containing Titanium Dioxide Nanoparticles : A Literature Review *Hindawi. Intern J of Biomaterials*. 2019;2019(2):1-14. <https://doi.org/10.1155/2019/6190610>
31. Cevahir A. Glass fibers. *Fiber Technology for Fiber-Reinforced Composites*. 2017. p. 99–121. ISBN: 9780081018712. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101871-2.00005-9>
32. Madfa AA, Al-Sanabani F, Al-Qudami NH. Use of Zirconia in Dentistry: An Overview. *Open Bio Material J*. 2014;5(7):1-9. <https://doi.org/10.2174/1876502501405010001>
33. Kundie F, Azhari CH, Muchtar A, Ahmad ZA. Effects of filler size on mechanical properties of polymer-filled dental composites. *J Phys Sci*. 2018;29(1):141-165. <https://doi.org/10.21315/jps2018.29.1.10>
34. Firdausy MD, Hadianito E, Zuhaila Amna A. The effect of non- dental glass fiber combination on flexural strength of prepolymerized fiber- reinforced composite. *Medali J*. 2022;4(6):41-45. <https://doi.org/10.30659/medali.4.3.41-44>
35. Tanner J, Tolvanen M, Garoushi S, Säilynoja E. Clinical evaluation of fiber-reinforced composite restorations in posterior teeth - results of 2.5 year follow-up. *Open Dentistry J*. 2018;12(1):476–485. <https://doi.org/10.2174/1874210601812010476>
36. Garoushi S, Gargoum A, Vallittu PK, Lassila L. Short fiber-reinforced composite restorations: A review of the current literature. *J Investigative Clinical Dentistry*. 2018;9(3):12330. <https://doi.org/10.1111/jicd.12330>
37. Fonseca RB, Favarao IN, Kasuya AV, Abrao M, Luz NFD, Naves LZ. Influence of glass fiber wt% and silanization on mechanical flexural strength of reinforced acrylics. *J Materials Scie Chemical Eng*. 2014;2(1):11-15. <https://doi.org/10.1155/2014/364398>
38. Bijelic-Donova J, Uctasli S, Vallittu PK, Lassila LVJ. Original and repair bulk fracture resistance of particle filler and short fiber–reinforced composites. *J Operative Dentistry*. 2018;43(5):232–242. <https://doi.org/10.2341/17-207-L>
39. Abouelleil H, Pradelle N, Villat C, Attik N, Colon P, Grosgeat B. Comparison of mechanical properties of a new fiber reinforced composite and bulk filling composites. *Restor Endod*. 2015;40(2):262-270. <https://doi.org/10.5395/rde.2015.40.4.262>
40. Attika N, Kolona P, Gauthiera R, Chevaliera C, Grosgeat B, Abouelleila H, et al. Comparison of physical and biological properties of a flowable fiber reinforced and bulk filling composites. *Intern J Current Research*. 2021;217(59):438-446. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.12.029>
41. Mehrpour H, Farjood E, Giti R, Ghasrdashti AB, Heidari H. Evaluation of the flexural strength of interim restorative materials in fixed prosthodontics. *J Dent Shiraz Univ Med Sci*. 2016;17(3):201-206. PMID: PMC5006829