

Laporan Penelitian

Pengaruh posisi *e-glass fiber non dental* terhadap kekerasan *glass fiber reinforced composite* pada gigi tiruan cekat: studi eksperimental

Muhammad Firman Al Isra¹
Widya Puspita Sari^{1*}
Darmawangsa²

*Korespondensi:
widyapuspitasari@fkg.unbrah.ac.id

Submisi: 02 September 2023
Revisi: 23 oktober 2023
Penerimaan: 27 Oktober 2023
Publikasi Online: 31 Oktober 2023
DOI: [10.24198/pjdrs.v7i3.49730](https://doi.org/10.24198/pjdrs.v7i3.49730)

¹Departemen Prostodontik Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah, Padang, Indonesia

²Departemen Konservasi Gigi Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah, Padang, Indonesia

ABSTRAK

Pendahuluan Gigi tiruan menjadi solusi yang tepat untuk menggantikan gigi alami yang hilang. Gigi tiruan jembatan dengan bahan *porcelain fused to metal* paling sering digunakan dalam praktik klinis, namun memiliki kekurangan seperti rentan pecah, memerlukan beberapa kali kunjungan, dan membutuhkan preparasi gigi penyangga 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 biasanya digunakan di bidang teknik, sedangkan *E-glass fiber dental* biasanya digunakan di bidang kedokteran gigi, namun keduanya memiliki komposisi yang hampir sama. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis pengaruh posisi *E-glass fiber non dental* terhadap kekerasan *Fiber reinforced composite*. **Metode:** Penelitian berjenis eksperimental dengan perbedaan posisi *E-glass fiber non dental* yang digunakan dalam *Fiber reinforced composite*. Pengujian dilakukan pada 3 kelompok sampel yang terdiri dari kelompok posisi *tension side*, kelompok *compression side*, dan kelompok *neutral axis*, yang masing-masing terdiri dari 6 kali pengulangan, kemudian diuji dengan menggunakan alat uji kekerasan *vickers hardness tester*. **Analisa data menggunakan Uji Kruskall Wallis** **Hasil:** Hasil pengujian pada *Fiber reinforced composite* dengan posisi *E-glass fiber* pada *tension side* menunjukkan kekerasan tertinggi dengan nilai = 45,77 VHN, sedangkan pada posisi *neutral axis* nilai kekerasan = 43,35 VHN, dan pada posisi *compression side* memiliki nilai terendah = 39,60 VHN. **Analisa statistik menggunakan Kruskall Wallis** didapat nilai $p=0,001 < 0,05$ artinya terdapat pengaruh signifikan terhadap peningkatan kekerasan **Simpulan:** Terdapat pengaruh posisi *E-Glass fiber non dental* terhadap kekerasan *Fiber reinforced composite*.

KATA KUNCI: *fiber, fiber reinforced composite,, composite, kekerasan*

The effect of non-dental e-glass fiber position on the hardness of glass fiber-reinforced composites in fixed dentures: an experimental study

ABSTRACT

Introduction: Dentures are the right solution to replace missing teeth. Denture bridges made from porcelain fused to metal are most often used in clinical practice, but have disadvantages such as being prone to breaking, requiring several visits, and requiring extensive preparation of the abutment teeth. Alternative materials that can be used for fixed dentures are fiber-reinforced composites with E-glass dental fiber, which have advantages such as good biocompatibility, compression strength, and aesthetics. The availability of E-glass fiber dental in Indonesia is still limited, and the prices are quite expensive. Non-dental E-glass fiber is generally used in engineering, while dental E-glass fiber is usually used in dentistry; however their composition is very similar. The aim of this research is to determine the effect of the position of non-dental E-glass fiber on the hardness of fiber-reinforced composite. **Methods:** Experimental research with fiber-reinforced composites using non-dental E-glass fiber in three different positions include the tension side position group, the compression side group, and the neutral axis group. Each group consisted of six samples and was tested using a Vickers hardness tester. Data analysis was performed using the Kruskals Wallis. **Results:** The test results on fiber-reinforced composite hardness showed the tension side position of the E-glass fiber had the highest hardness with a value of 45.77 VHN, the fiber on the neutral axis position had a value of 43.35 VHN, and the compression side had the lowest value of 39.60 VHN. Statistical analysis using Kruskall Wallis obtained $p\text{-value} = 0,001 < 0,05$ meaning that there are significant influences to the hardness. **Conclusions:** The conclusion from this research is that the position of non-dental E-Glass fiber influences the hardness of fiber-reinforced composites.

KEY WORDS: *fiber, fiber reinforced composite, hardness*

Sitasi: Isra MFA, Sari WP, Darmawangsa. Pengaruh posisi e-glass fiber non dental terhadap kekerasan glass fiber reinforced composite pada gigi tiruan cekat: studi eksperimental. Padjadjaran Journal of Dental Researchers and Students. 2023; 7(3): 278-282 DOI: [10.24198/pjdrs.v7i3.49730](https://doi.org/10.24198/pjdrs.v7i3.49730) Copyright: ©2023 by Padjadjaran Journal of Dental Researchers and Students. Submitted to Padjadjaran Journal of Dental Researchers and Students for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

PENDAHULUAN

Pemakaian gigi tiruan menjadi solusi yang tepat untuk menggantikan gigi yang hilang. Salah satu jenis gigi tiruan cekat yaitu gigi tiruan jembatan.¹ Gigi tiruan jembatan dengan bahan *Porcelain fused to metal* (PFM) paling sering digunakan dalam praktik klinis.² PFM memiliki keterbatasan dengan logam nikel yang biasa digunakan dapat memicu efek alergenik pada pemakai dan efek toksisitas pada teknisi laboratorium maupun pemakai protesa, serta harga yang tergolong mahal untuk beberapa kalangan. Penggunaan PFM membutuhkan beberapa kali kunjungan dan memerlukan preparasi gigi penyangga yang cukup luas.³ Salah satu alternatif bahan yang dapat digunakan untuk gigi tiruan cekat adalah *Fiber reinforced composite* (FRC). FRC merupakan campuran antara matriks polimer yang diperkuat oleh sejumlah *fiber* yang sangat kecil.¹ *Fiber* yang biasa digunakan dalam dunia kedokteran gigi adalah *polyethylene fiber* dan *glass fiber*.⁴

E-glass fiber memiliki kelebihan seperti biokompatibilitas baik, memiliki kekuatan kompresi dan estetika yang baik.⁵ Dalam dunia kedokteran gigi *E-glass fiber* merupakan *fiber* yang paling sering digunakan secara klinis karena dapat melekat baik dengan resin *composite*, tahan terhadap lingkungan di dalam rongga mulut, dan secara kimiawi lebih stabil dibandingkan jenis *fiber* yang lainnya.⁶ Ketersediaan *E-glass fiber dental* di Indonesia masih terbatas dengan harga yang cukup mahal, namun demikian *E-glass fiber* secara umum telah digunakan di bidang teknik yang biasanya digunakan sebagai penguat dalam pembuatan panel *gypsum*, patung, komponen otomotif, industri pesawat terbang, kapal, militer, infrastruktur, konstruksi bangunan, dekorasi rumah, perabot rumah tangga, peralatan olah raga, serta elektronik.⁴

E-glass fiber non dental diharapkan sebagai alternatif bahan kedokteran gigi, salah satunya karena komposisinya mirip dengan *E-glass fiber dental*. Menurut penelitian Sari dkk.,⁷ menunjukkan hasil uji komposisi *E-glass fiber non dental* terdiri dari SiO₂ (39,53%), CaO (46,31%), Al₂O₃ (8,17%), dan K₂O (0,64%) yang hampir sama dengan komposisi *E-glass fiber dental*, sehingga diharapkan dapat menjadi alternatif pilihan pengganti pada aplikasi kedokteran gigi. Material dalam kedokteran gigi memiliki sifat mekanik antara lain adalah tekanan, regangan, kekuatan, dan kekerasan. Kekerasan adalah sifat suatu material untuk dapat menahan *fracture*.⁸ Sifat mekanis FRC tergantung pada sifat mekanis masing-masing komponen, kualitas impregnasi *fiber* dengan resin, adhesi antara *fiber* dan matriks, jumlah *fiber* dalam matriks resin, volumetrik, dan tipe *fiber*.⁹ Sifat mekanik seperti kekuatan fleksural, *compressive strength* dan kekerasan juga tergantung pada posisi dan orientasi *fiber*.¹⁰ Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kekerasan FRC antara lain ukuran bahan pengisi atau *fiber*, bentuk, dan fraksi dalam fase anorganik. Kekerasan umumnya meningkat karena kandungan *fiber* pada FRC.¹¹

Terdapat 3 perbedaan posisi *fiber* pada sampel yaitu *compression side* (lapisan *fiber* diposisikan horizontal pada sisi atas sampel), *neutral axis* (lapisan *fiber* pada bagian tengah sampel), dan *tension side* (lapisan *fiber* diposisikan horizontal di sisi bawah sampel). Penelitian Mosharrar dkk.,¹² membuktikan bahwa arah dan orientasi *fiber* dapat mempengaruhi *flexural strength* FRC. Posisi *fiber* pada *tension side* pada sampel meningkatkan *flexural strength* pada sampel. Berdasarkan hal tersebut, Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh posisi *E-glass fiber non dental* terhadap kekerasan *Fiber reinforced composite* pada gigi tiruan cekat.¹³

METODE

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah penelitian kuantitatif dengan metode eksperimental laboratorium. Kriteria sampel adalah lempeng *Fiber reinforced composite* (FRC) dengan *E-glass fiber non dental* dipasang pada 3 posisi yang berbeda. Pengambilan sampel pada penelitian ini ditentukan dengan metode *purposive sampling*. Sampel FRC dengan *E-glass fiber non dental* pada posisi *tension*, *compression*, dan *neutral axis* diuji dengan *Vickers Hardness Tester* FM-800. Pembuatan sampel dilakukan di laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang. Sampel memiliki dimensi dengan diameter 4 mm dan tinggi 2 mm, cetakan mould disiapkan dengan penanda pada tinggi 0,5 mm untuk sampel dengan posisi *compression side*, 1 mm untuk posisi *neutral axis*, dan 1,5 mm untuk posisi *tension side*.

Tahap pertama dilakukan pemotongan fiber dengan ukuran 2 mm dan berat 1,4 mg lalu disimpan di desikator selama 24 jam. Tahap kedua dilakukan pembuatan sampel, fiber yang disimpan selama 24 jam diletakkan pada glass slab lalu disilanisasi dengan silane jenis ESPE sebanyak 1,7 mikron lalu di diamkan selama 1 menit setelah itu dikeringkan menggunakan kipas portable selama 1 menit. Cetakan yang sudah disiapkan diisi dengan flowable composite setinggi penanda lalu dimasukkan fiber yang sudah di-silanisasi lalu diinjeksikan kembali resin composite hingga penuh dan dipolimerisasi menggunakan light curing selama 20 detik lalu sampel dikeluarkan. Tahap ketiga adalah perendaman sampel dengan mengikatkan sampel dengan benang pada tutup conical tube lalu dimasukkan saliva buatan sebanyak 15 ml, sampel direndam selama 24 jam di dalam inkubator dengan suhu 37°C. Tahap keempat, sampel dikeluarkan dari inkubator dan dibawa menuju alat uji Vickers Hardness Tester di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Uji dilakukan dengan meletakkan sampel pada meja uji dan dilakukan kalibrasi terhadap permukaan sampel. Sampel diuji dengan beban 100 gf selama 15 detik, lalu jejak indentasi diagonal yang terlihat pada mikroskop dapat diukur untuk mendapatkan nilai kekerasan dengan alat *Vickers Hardness Tester* (VHN). Dilakukan analisis bivariat pada data yang didapatkan menggunakan program SPSS. Uji normalitas dilakukan pada data penelitian menggunakan Shapiro-Wilk, digunakan uji statistik menggunakan One-Way ANOVA jika data berdistribusi normal, dan uji *Kruskal-Wallis* jika data tidak berdistribusi normal.

HASIL

Didapatkan rerata kekerasan tertinggi terdapat pada kelompok *Fiber reinforced composite* dengan *E-glass fiber non dental* pada posisi *tension side*, sedangkan pada kelompok *E-glass fiber non dental* pada posisi *compression side* memiliki kekerasan yang paling rendah (tabel 1).

Tabel 1. Kekerasan *Fiber reinforced composite* dengan *E-glass fiber non dental* pada posisi *tension side*, *compression side*, dan *neutral side*.

No	Sampel	Rerata kekerasan (VHN)
1	<i>Fiber reinforced composite</i> dengan posisi <i>E-glass fiber non dental tension side</i>	45,77
2	<i>Fiber reinforced composite</i> dengan posisi <i>E-glass fiber non dental compression side</i>	39,60
3	<i>Fiber reinforced composite</i> dengan posisi <i>E-glass fiber non dental neutral axis</i>	43,35

Hasil uji *Shapiro-wilk* pada tabel 2 diperoleh nilai p pada kelompok *Fiber reinforced composite* pada posisi *compression side* < 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi tidak normal. Berdasarkan hasil tersebut uji *One Way Anova* tidak dapat dilakukan dan dilanjutkan dengan uji *Kruskal-Wallis* untuk mengetahui adakah perbedaan yang signifikan pada sampel.

Table 2. Hasil Uji Kruskal-Wallis Kekerasan Fiber reinforced composite dengan E-fiber glass non dental pada posisi tension side, compression side, dan neutral side.

Uji <i>Kruskal-Wallis</i>	Nilai p	Keterangan
Kekerasan <i>Fiber reinforced composite</i> dengan <i>E-fiber glass non dental</i> pada posisi <i>tension side</i> , <i>compression side</i> , dan <i>neutral side</i> .	0,001	Signifikan

Berdasarkan hasil uji *Kruskal-Wallis H* pada tabel 3 didapatkan nilai signifikansi < 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan. Selanjutnya dilakukan uji *post hoc* dengan menggunakan uji *Mann-Whitney* untuk mengetahui perbedaan pada masing masing kelompok sampel.

Table 3. Hasil Uji Mann-Whitney Kekerasan Fiber reinforced composite dengan E-glass fiber non dental pada posisi tension side, compression side, dan neutral side.

<i>Mann-Whitney</i>	Nilai p	Keterangan
<i>Tension side – Neutral axis</i>	0,004	Signifikan
<i>Tension side – Compression side</i>	0,004	Signifikan
<i>Neutral axis – Compression side</i>	0,004	Signifikan

Hasil uji *Mann-Whitney* dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok sampel dengan posisi *fiber* yang berbeda. Dari hasil pengolahan data ini dapat diketahui bahwa pada penelitian pengaruh posisi *E-glass Fiber Non dental* terhadap kekerasan *Fiber reinforced composite* pada gigi tiruan cekat dengan posisi *tension side*, *compression side*, dan *neutral axis* memiliki perbedaan yang signifikan, dan dari hasil uji *Mann-Whitney* dapat diperoleh nilai masing masing sampel dengan posisi yang berbeda memiliki perbedaan yang signifikan satu sama lain.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa terdapat pengaruh perbedaan posisi *E-glass fiber non dental* terhadap kekuatan FRC. *E-glass fiber non dental* pada posisi *tension side* pada table 1 memiliki nilai kekerasan rerata = 45,7 VHN, hasil ini membuktikan bahwa posisi *tension side* merupakan posisi paling optimal untuk meningkatkan kekerasan FRC. *E-glass fiber non dental* pada posisi *neutral axis* dengan nilai kekerasan rerata = 43,5 VHN dan posisi *compression side* dengan nilai terendah 39,60 VHN dianggap kurang optimal. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Perea, 2018 bahwa arah dan orientasi *fiber* pada posisi *tension side* dapat mempengaruhi kekerasan FRC. *Fiber* ditambahkan pada posisi *tension side* berperan untuk memperkuat bagian regangan sehingga beban tekan dari permukaan sampel ditransfer ke *fiber*. *fraktur* yang dimulai dari bagian regangan akan menuju bagian tengah, sehingga jika *fiber* diletakkan pada bagian tengah *fraktur* tetap dapat terjadi dengan mudah pada bagian regangan, yang membuat posisi *neutral axis* tidak memiliki pengaruh yang signifikan.¹²

Penambahan *fiber* dapat meningkatkan ikatan partikel pada matriks dan memperkuat kekerasan permukaan *Fiber reinforced composite*, ketika *fiber* diposisikan pada posisi tegak lurus terhadap beban pada posisi regangan maka penguatan parsial dari *fiber* dapat menghambat pembentukan *fracture line*.¹⁰ *Fiber* ditempatkan ke dalam resin komposit untuk memperkuat komposit melalui mekanisme yang berbeda seperti menumpulkan *fracture line* atau mengubah arah dari *fracture line*.¹³

Posisi *tension side* merupakan kelemahan dari resin komposit itu sendiri, dimana saat sampel diberikan beban pada bagian permukaan atas, posisi regangan (*tensile*) yang merupakan bagian bawah dari sampel akan mengalami *fraktur* pertama kali. *Fiber* ditambahkan pada posisi ini untuk membuat beban tekan dapat ditransfer dari regangan ke *fiber*.¹⁴ Penambahan *fiber* dapat meningkatkan ikatan partikel pada matriks dan memperkuat kekerasan permukaan FRC, ketika *fiber* diposisikan pada posisi tegak lurus terhadap beban pada posisi regangan maka penguatan parsial dari *fiber* dapat menghambat pembentukan *fracture line*.¹⁵

Fiber dengan posisi *neutral axis* memiliki rerata nilai 43,5 VHN dimana memiliki kekerasan lebih rendah daripada posisi *tension side*, ketika *fiber* ditempatkan pada posisi *neutral axis*, kekerasan tertinggi tidak dapat tercapai, hal ini dikarenakan beban tekan berada pada permukaan sampel selama proses pengujian kekerasan, *fraktur line* terbentuk dari bagian regangan akibat dari beban yang diberikan hingga ke bagian tengah sampel (*neutral*) sehingga *fiber* pada posisi ini tidak memberikan peningkatan kekerasan.^{16,17}

FRC dengan *fiber* pada posisi *compression side* memiliki nilai rata rata 39,60 VHN. *Fiber* pada posisi *compression side* mendapatkan nilai kekerasan terendah, hal ini dapat terjadi karena *fracture line* terjadi pada bagian regangan, menuju bagian tengah, hingga ke bagian atas sampel atau tekanan (*compression*), hal ini membuat *fiber* pada posisi ini tidak memberikan pengaruh atau dapat mengurangi kekerasan karena matriks komposit pada posisi ini sudah memiliki kekuatan tekanan kompresi yang lebih tinggi daripada *fiber*.^{16,17}

Berdasarkan hasil uji statistik pada tabel 2 didapatkan bahwa terdapat pengaruh posisi *E-glass Fiber Non dental* terhadap kekerasan *Fiber reinforced composite* pada gigi tiruan cekat, dimana kekerasan *Fiber reinforced composite* dapat dipengaruhi oleh posisi *fiber* dan hasil uji *post hoc* dengan menggunakan uji *Mann-Whitney* pada table 3 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok sampel. Berdasarkan teori dari Tanculescu *et al.*,¹⁸ *fraktur dimulai* dari posisi regangan hingga tekanan, dimana penambahan *fiber* pada posisi *compression side* tidak dapat menahan terjadinya *fraktur* pada bagian regangan dan tengah, dan juga dapat mengurangi kekerasan akibat menurunnya kekuatan kompresi dari matriks komposit.

Fraktur terjadi karena pada posisi regangan terdapat kelemahan dimana pada posisi ini *fraktur dapat* terjadi dengan mudah akibat beban tekan dari permukaan atas sampel. *Fiber* ditambahkan pada posisi *tension side* untuk memperkuat bagian regangan sehingga beban tekan dari permukaan sampel ditransfer ke *fiber*. *Fraktur* yang dimulai dari bagian regangan

akan menuju bagian tengah, sehingga jika *fiber* diletakkan pada bagian tengah fraktur tetap dapat terjadi dengan mudah pada bagian regangan yang membuat posisi *neutral axis* tidak memiliki pengaruh yang signifikan.¹⁸

Sifat mekanis dari struktur konstruksi FRC dipengaruhi oleh kombinasi antara partikel *filler resin composite* dengan volume, posisi, dan arah *fiber*.¹⁹ Modifikasi permukaan *fiber* menggunakan *silane* juga dapat meningkatkan *adhesi* antara *fiber* dan matriks komposit sehingga dapat meningkatkan kekuatan mekanik FRC. *Silane* berperan sebagai pembentuk ikatan antara bahan organik dan anorganik, *silane* membentuk *siloxane* (Si-O-Si) dengan gugus organo fungsional *silane* akan bereaksi dengan gugus fungsional pada matriks polimer sehingga kekuatan perlekatan antara *glass fiber* dan matriks polimer meningkat.²⁰

Kelemahan atau keterbatasan penelitian ini 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. Hasil penelitian ini dapat merekomendasikan bahwa E-glass fiber non dental dapat digunakan dalam FRC dan berperan dalam meningkatkan sifat mekanik dalam hal kekerasan.

SIMPULAN

Terdapat pengaruh posisi *E-glass fiber non dental* terhadap kekerasan *Fiber reinforced composite* dengan posisi *fiber* pada *tension side*, *neutral axis*, dan *compression side*.

Kontribusi Penulis: "Konseptualisasi, I.M.F.A.; Metodologi; I.M.F.A.; Validasi: I.M.F.A.; dan D.; Analisis formal: D, Penulisan-penyusunan draft awal: I.M.F.A.; dan S.W.P.; Pengabdian; Penulisan-tinjauan dan penyuntingan I.M.F.A.; dan W.S.P.; Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang diterbitkan."

Pendanaan: Penelitian ini dibiayai secara mandiri oleh penulis.

Persetujuan Etik: penelitian ini tidak melibatkan terhadap hewan dan manusia

Pernyataan Persetujuan Data: Semua penulis menyetujui artikelnya diterbitkan di Padjajaran Journal of Dental Researchers and Students (PJDRS) Universitas Padjadjaran, dan memberikan akses data melalui email Korespondensi penulis.

Konflik Kepentingan: Tidak ada konflik kepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

- KingPA, Foster LV, Yates RJ, Newcombe RG, Garrett MJ. "Survival characteristics of 771 resin-retained bridges provided at a UK dental teaching hospital", British Dent J. Nature Publishing Group, 2015; 218(7):423–8. DOI: [10.1038/sj.bdj.2015.250](https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2015.250)
- Sailer I, Makarov NA, Thoma DS, Zwahlen M, Pjetursson BE. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part I: Single crowns (SCs). Dent Mater. 2015; 31(6): 603–23. DOI: [10.1016/j.dental.2015.02.011](https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.02.011)
- Faizah A, Widijono W, Nuryono N. "Pengaruh komposisi beberapa glass fiber non dental terhadap kelarutan komponen Fiber reinforced composites", Maj Ked Gigi Ind: Univ Gadjah Mada. 2017; 2(1): 13. DOI: [10.22146/maikedgiind.11249](https://doi.org/10.22146/maikedgiind.11249)
- Maulida F, Sari WP, Darmawangsa D. Pengaruh penambahan silane terhadap kekuatan fleksural reinforced composite yang diperkuat dengan glass fiber non-dental. The effect of silane addition on the flexural strength of non-dental glass fiber reinforced composite. J Ked Gigi Univ Padj. 2019; 31(1): 41–6. DOI: [10.24198/jkg.v31i1.18095](https://doi.org/10.24198/jkg.v31i1.18095)
- Zhang, M. and Matinlinna, J.P. E-glass Fiber reinforced composites in Dental Applications, Silicon, Kluwer Academic Publishers. 2012; 4(1): 73–8. DOI: [10.1007/s12633-011-9075-x](https://doi.org/10.1007/s12633-011-9075-x)
- Janani K, Khandelwal A, Palanivelu A, Ajitha P. Fiber-reinforced composite in dentistry-A review. In Drug Invention Today. 2020; volume 13: 13.
- 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)
- Abdellah MY, Hassan MK, Mohamed AF, Backar AH. Cyclic Relaxation, Impact Properties and frakturToughness of Carbon and Glass Fiber Reinforced Composite Laminates. Materials. 2021; 14: 7412. DOI: [10.3390/ma14237412](https://doi.org/10.3390/ma14237412)
- Miao C, Hamad WY. Cellulose reinforced polymer composites and nanocomposites: a critical review. Cellulose, 2013; 20(5): 2221–62. DOI: [10.1007/s10570-013-0007-3](https://doi.org/10.1007/s10570-013-0007-3)
- Bahramian N, Atai M, Naimi-Jamal MR. "Ultra-high-molecular-weight polyethylene fiber reinforced dental composites: Effect of fiber surface treatment on mechanical properties of the composites", Dental Materials, Elsevier Inc. 2015; 31(9): 1022–29. DOI: [10.1016/j.dental.2015.05.011](https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.05.011)
- Marghalani HY. Resin-based dental composite materials. In the Handbook of Bioceramics and Biocomposites. Springer International Publishing. 2016. pp. 357–405 DOI: [10.1007/978-3-319-12460-5_22](https://doi.org/10.1007/978-3-319-12460-5_22)
- Mosharrar R, Givechian P. Effect of Fiber Position and Orientation on Flexural Strength of Fiber-Reinforced Composite, Spring. J Iranian Dent Assoc. 2012; 24(2): 21–7.
- Cocco AR, de Oliveira Da Rosa WL, da Silva AF, Lund RG, Piva E. A systematic review about antibacterial monomers used in dental adhesive systems: Current status and further prospects. In Dental Materials. 2015; 31(11):1345–62. DOI: [10.1016/j.dental.2015.08.155](https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.08.155)
- Perea-Lowery L, Vallittu PK. Framework design and pontics of fiber-reinforced composite fixed dental prostheses-an overview. J prosthodontic res. 2018; 62(3): 281–6. DOI: [10.1016/j.jpor.2018.03.005](https://doi.org/10.1016/j.jpor.2018.03.005)
- Garoushi S, Gargoum A, Vallittu PK, Lassila L. Short fiber-reinforced composite restorations: A review of the current literature. J Investig Clin Dent. 2018; 9(3): e12330. DOI: [10.1111/jicd.12330](https://doi.org/10.1111/jicd.12330)
- Matinlinna JP. Handbook of oral biomaterials. 1st Ed. CRC press. 2014; p.165–6
- Moftah HM, Turkmani I, Darwich K. frakturstrength of acrylic resin reinforced with glass fibers in simulated implant-supported overdenture abutments. Yemeni J Med Sci. 2017; 11(1): 31–7. DOI: [10.20428/yjms.v11i1.1071](https://doi.org/10.20428/yjms.v11i1.1071)
- Tanculescu O, Doloca A, Vieriu RM, Mocanu F, Iovan G, Ifteni G, Ioanid N. Physical and mechanical characterization of different fiber-reinforced composite systems used in fixed prosthesis. Revista de Chimie. 2016; 67(1): 96–102.
- Tanasić I, Šojić LT, Lemić AM, Šojić P. Mechanical Properties of Direct and Indirect Composite Materials Used in Prosthodontics. In: Mitrovic, N., Milosevic, M., Mladenovic, G. (eds) Computational and Experimental Approaches in Materials Science and Engineering. CNNTech 2018. Lecture Notes in Networks and Systems. Springer, Cham. 2020; vol 90: 103–118. DOI: [10.1007/978-3-030-30853-7_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30853-7_7)
- Ladiora F, Sari WP, Fadriyanti O. "Pengaruh Penambahan Silane Pada Glass Fiber Non Dental Terhadap Persentase Dan Volume Penyerapan Air Fiber Reinforced Composite". B-Dent: J Ked Gigi Univ Baiturrahmah. 2016; 3(2): 97–110. DOI: [10.33854/JBDibd.64](https://doi.org/10.33854/JBDibd.64)