

## Flexural Strength of Microhybrid Composite Resin with Polyethylene Fiber's Layer Addition

Varina Zata Nabilah\*, Lusi Hidayati\*, Agus Sumono\*

\*Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember, Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

Correspondence: [varinazata@gmail.com](mailto:varinazata@gmail.com)

### Abstract

**Background:** Fixed partial denture can use FRC (Fiber Reinforced Composite) as an alternative material in its manufacturing. Composite resins are used to restore teeth's form and function with aesthetic quality as well as material's ability to bind with tooth's structure. The strength of composite resin can be increased by fiber's layer addition. Unidirectional arrangement of polyethylene fiber is commonly used in dentistry due to stiffness and high flexural strength. The strength of FRC can be affected by fiber's layer amount. **Objective:** To determine flexural strength of microhybrid composite with polyethylene fiber's layer addition. **Methods:** This study was an experimental laboratory research. Samples were divided into control group (microhybrid composite without fiber) and 3 treatment groups that was microhybrid composite with a layer of fiber, two layers of fiber, and three layers of fiber. Samples were tested using universal testing machine to determine flexural strength (MPa). **Results and Conclusion:** Results showed the increase of flexural strength on treatment group 2 and 3 compared to control group and treatment group 1. It can be concluded that polyethylene fiber's layer addition can increase flexural strength of microhybrid composite resin. Two and three-layer polyethylene fiber addition can increase flexural strength of microhybrid composite resin.

**Keywords:** Flexural strength, microhybrid composite resin, polyethylene fiber

### Pendahuluan

Kehilangan gigi akibat karies, trauma, kondisi sistemik, dan penyakit periodontal dapat menyebabkan gangguan fungsional terutama saat pengunyahan. Salah satu perawatan untuk mengganti gigi yang hilang adalah dengan gigi tiruan cekat. Bahan gigi tiruan cekat yang umum digunakan adalah *porcelain fused to metal*. Kekurangan dari bahan tersebut adalah logam *alloy* yang digunakan dapat mengalami korosi dan menyebabkan alergi untuk beberapa pasien. *Porcelain* merupakan bahan yang rapuh dan mudah fraktur. *Porcelain* juga dapat mengakibatkan abrasi bagi enamel dari gigi antagonisnya [1].

Bahan lain yang dapat digunakan sebagai alternatif dalam pembuatan gigi tiruan cekat adalah FRC (*fiber reinforced composite*). Bahan tersebut merupakan material komposit yang terbuat dari matriks yang diperkuat oleh *fiber*. Resin komposit digunakan

untuk mengembalikan bentuk dan fungsi gigi dengan kualitas estetik serta adanya kemampuan bahan untuk berikatan dengan struktur gigi sekitarnya [2]. Penambahan *fiber* dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan dari resin komposit. Aplikasi FRC sebagai restorasi sangat dipengaruhi oleh berbagai macam hal, di antaranya jenis *fiber*, jumlah lapisan *fiber*, dan susunan *fiber* [3].

*Fiber* yang lazim digunakan di kedokteran gigi di antaranya *glass fiber*, *aramid fiber*, *carbon/graphit fiber*, dan *polyethylene fiber* [4] dengan pola susunan serat *unidirectional*, *braided*, dan *woven* [5]. *Polyethylene fiber* merupakan serat yang sering digunakan di bidang kedokteran gigi. Serat ini memiliki kekuatan yang jauh lebih tinggi dibanding *glass fiber* [4]. *Fiber* dengan susunan *unidirectional* memiliki kekakuan dan kekuatan fleksural lebih tinggi dibanding *multidirectional* sehingga dapat menjadi pilihan sebagai kerangka GTC [6]. Jumlah lapisan *fiber* juga dapat mempengaruhi kekuatan FRC. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa ada peningkatan kekuatan fleksural komposit *microhybrid* seiring ditambahkan lapisan *woven polyethylene fiber*. FRC dengan 2 lapis *fiber* memiliki kekuatan lebih tinggi dibanding tanpa *fiber* dan 1 lapis *fiber* [7].

Jenis resin komposit yang digunakan juga dapat mempengaruhi kekuatan dari FRC [8]. Komposit yang digunakan di RSGM Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember adalah komposit *microhybrid*. Komposit *microhybrid* merupakan kombinasi komposit *macrofiller* dan *microfiller*. Komposit ini estetikanya setara dengan komposit berbahan mikro dan memiliki sifat mekanik di antara komposit *macrofiller* dan *microfiller* [9].

Restorasi komposit yang diaplikasikan khususnya pada gigi posterior mengalami gaya tekan dan tarik saat pengunyahan. Resin komposit akan pecah atau retak apabila tidak memiliki kekuatan untuk menahan gaya-gaya tersebut [10]. Kemampuan suatu bahan restorasi untuk menahan gaya tekan dan tarik (gaya fleksural) saat sedang berfungsi dalam rongga mulut baik sebagai restorasi di daerah anterior maupun posterior disebut kekuatan fleksural [8]. Kekuatan fleksural minimum yang harus dimiliki resin komposit yang dipolimerisasi dengan sinar menurut ISO 4049 adalah 50 MPa [11]. Kekuatan fleksural komposit *microhybrid* lebih rendah dibanding komposit *nanofiller* [12]. Kekuatan fleksural resin komposit ini dapat ditingkatkan dengan penambahan *fiber* [5].

Belum ada penelitian yang menguji kekuatan fleksural komposit *microhybrid* yang diperkuat *unidirectional polyethylene fiber* dengan penambahan 1 hingga 3 lapis *fiber*. Berdasar uraian di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang kekuatan fleksural komposit *microhybrid* dengan penambahan lapisan *polyethylene fiber*.

## Metode Penelitian

Sampel dibuat dengan menggunakan *split stainless steel mold* berukuran 25x2x2 mm [13], dibagi menjadi 4 kelompok (masing-masing terdiri dari 6 sampel) yaitu kelompok kontrol (komposit *microhybrid* tanpa *fiber*), kelompok perlakuan 1 (komposit *microhybrid* dengan penambahan 1 lapis *fiber*), kelompok perlakuan 2 (komposit *microhybrid* dengan penambahan 2 lapis *fiber*), dan kelompok perlakuan 3 (komposit *microhybrid* dengan penambahan 3 lapis *fiber*).

*Fiber* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *unidirectional polyethylene fiber* dengan lebar 2 mm. *Fiber* digunting menggunakan gunting khusus pemotong *fiber* sesuai dengan ukuran sampel dan ditimbang untuk standarisasi. *Fiber* kemudian dibasahi dengan bahan *bonding* (G Bond, GC) menggunakan *microbrush* sebelum diletakkan dalam cetakan. *Fiber* dipegang menggunakan pinset untuk menghindari kontaminasi. *Fiber* tersebut diletakkan di dasar cetakan (Gambar 1), kemudian dipolimerisasi menggunakan LED *light curing unit* (SKI) dengan penyinaran dibagi menjadi 4 bagian, masing-masing selama 20 detik. Resin komposit diaplikasikan di atas lapisan *fiber* hingga memenuhi cetakan. Permukaan atas cetakan ditutup dengan *glass slide* lalu ditekan dengan tekanan ringan untuk menekan resin yang berlebih, di antara *glass slide* dan cetakan diletakkan *celluloid strip*. Polimerisasi menggunakan *light curing unit* dengan jarak sedekat mungkin menyentuh *celluloid strip*, penyinaran dibagi menjadi 4 bagian dan tiap bagian selama 20 detik penyinaran.



Gambar 1. Posisi fiber pada dasar cetakan

Sampel dilepas dari cetakan dan direndam dalam aquades steril kemudian disimpan di dalam inkubator pada suhu 37° C selama 24 jam sebelum pengujian. Pengujian sampel menggunakan *3-point bending test* dengan *universal testing machine* (Shimadzu) untuk menentukan tekanan maksimum yang dibutuhkan hingga sampel fraktur. Sampel diletakkan pada alat uji dengan *bending span* 20 mm. *Loading piston* diarahkan tegak lurus dengan *fiber*. Pengujian dilakukan dengan kecepatan 1 mm/menit hingga sampel fraktur atau hingga mencapai beban puncak. Hasil tersebut kemudian dimasukkan ke dalam rumus  $3Pl/2bd^2$  untuk mendapatkan nilai kekuatan fleksural dimana P = tekanan maksimum yang diberikan pada sampel (N), l = panjang antar tumpuan / *bending span* (mm), b = lebar sampel (mm), dan d = ketebalan sampel (mm). Rerata dari tiap kelompok dibandingkan dan dianalisa dengan menggunakan *Kruskal Wallis* dan *Mann Whitney U Test*.

### Hasil Penelitian

Hasil penelitian menunjukkan ada peningkatan kekuatan fleksural pada kelompok perlakuan 2 dan kelompok perlakuan 3 dibanding kelompok kontrol dan kelompok perlakuan 1 (Tabel 1).

**Tabel 1.** Hasil penghitungan rata-rata kekuatan fleksural pada kelompok kontrol dan kelompok perlakuan (MPa)

Kelompok	n	Rerata
Kontrol	6	83,10
Perlakuan 1	6	77,72
Perlakuan 2	6	101,52
Perlakuan 3	6	135,63

Hasil uji *Kruskal Wallis* didapatkan nilai  $p < 0,05$  sehingga dapat disimpulkan terdapat yang signifikan antar keempat kelompok penelitian. *Mann Whitney U Test* menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol dan perlakuan 1, sedangkan antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan 2, kelompok kontrol dan kelompok perlakuan 3, kelompok perlakuan 1 dan kelompok perlakuan 2, kelompok perlakuan 1 dan kelompok perlakuan 3, serta kelompok perlakuan 2 dan kelompok perlakuan 3 memiliki nilai  $p < 0,05$  sehingga dapat dinyatakan ada perbedaan yang signifikan antara kelompok tersebut.

## Pembahasan

Penelitian ini dilakukan pada 24 sampel berbentuk balok berukuran 25x2x2 mm. Masing-masing kelompok dibedakan menurut jumlah *fiber* yaitu tanpa *fiber*, satu lapis, dua lapis, dan tiga lapis *fiber*. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh November menggunakan alat uji *Universal Tetsing Machine* yang telah dikalibrasi memberikan beban dengan kecepatan 1mm/menit sebagaimana penelitian yang dilakukan Mosharraf dan Givechian serta Sharafeddin *et al* [14,15]. Tekanan yang diberikan terus bertambah hingga mencapai nilai maksimum yang sanggup diterima tiap-tiap sampel yaitu hingga sampel mengalami fraktur. Kekuatan fleksural minimum yang harus dimiliki resin komposit yang dipolimerisasi dengan sinar menurut ISO 4049 adalah 50 MPa [11].

Kekuatan fleksural resin komposit *microhybrid* tanpa *fiber* dan dengan penambahan *fiber* dalam penelitian ini berada di atas toleransi minimal kekuatan fleksural yang harus dimiliki resin komposit yang dipolimerisasi dengan sinar. Dari tiga kelompok perlakuan dan kelompok kontrol masing-masing didapatkan nilai rata-rata kekuatan fleksural >50 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa komposit *microhybrid* dengan penambahan lapisan *polyethylene fiber* aman digunakan sebagai restorasi dalam rongga mulut [11]

Pada penelitian ini, semua sampel resin komposit dengan penambahan lapisan *fiber* mengalami fraktur dengan defleksi yang terjadi pada bagian tengah sampel, namun kedua belah patahan tetap menyatu dengan adanya *fiber*. Sampel resin komposit tanpa *fiber* mengalami patah menjadi dua bagian. Gambaran tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa semua spesimen resin komposit mengalami deformasi yang signifikan, namun tidak mengalami *brittle fracture* seperti yang diamati pada resin komposit tanpa *fiber*. Spesimen resin komposit dengan penguatan *fiber* mengalami deformasi *irreversible* dengan defleksi yang terjadi pada bagian tengah benda uji, namun kedua belah patahan tetap menyatu dengan adanya *fiber* [8].

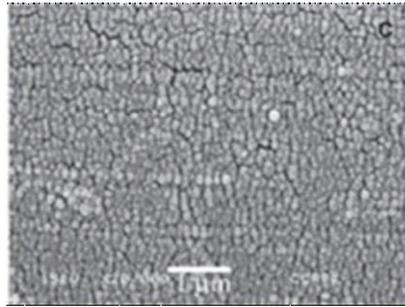
Hasil pengujian kekuatan fleksural komposit *microhybrid* pada Tabel 1, kelompok dengan penambahan tiga lapis *polyethylene fiber* menunjukkan nilai rata-rata kekuatan fleksural tertinggi jika dibandingkan kelompok dengan penambahan dua lapis *polyethylene*

*fiber* dan 1 lapis *polyethylene fiber*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak lapisan *polyethylene fiber* maka semakin tinggi kekuatan fleksural dari komposit *microhybrid*.

Hasil uji *Kruskal Wallis* menunjukkan ada perbedaan yang signifikan antar kelompok penelitian. Hasil *Mann Whitney U Test* menyatakan bahwa ada perbedaan yang signifikan antara semua kelompok kecuali kelompok kontrol dan kelompok perlakuan 1. Perbedaan kekuatan fleksural yang signifikan ( $p < 0,05$ ) karena adanya perbedaan jumlah *fiber*. Hal ini menunjukkan bahwa ada peningkatan kekuatan fleksural yang signifikan pada komposit *microhybrid* seiring ditambahkannya dua lapis dan tiga lapis *unidirectional polyethylen fiber*.

Perbedaan yang signifikan ini terjadi karena tekanan yang dihasilkan saat pembebanan *3-point bending test* terhadap komposit *microhybrid* dengan penambahan dua dan tiga lapis *polyethylene fiber* akan didistribusikan merata pada *fiber*. Tekanan yang dihasilkan saat pembebanan *3-point bending test* akan didistribusikan merata dari resin komposit ke *fiber* melalui adhesi antara resin komposit dan *fiber* oleh bahan *bonding* [15].

*Polyethylene fiber* (Biodental, Australia) sudah dilakukan modifikasi menggunakan *plasma treatment*. *Plasma treatment* menghasilkan permukaan *fiber* yang ireguler. Permukaan *fiber* yang ireguler memberikan kemudahan bagi bahan *bonding* untuk berpenetrasi. Plasma dihasilkan oleh molekul gas yang diurai menggunakan sumber energi listrik. Gas yang digunakan dapat berupa oksigen, argon, nitrogen. Pabrik dari *polyethylene fiber* yang digunakan dalam penelitian ini tidak menyebutkan gas yang digunakan dalam *plasma treatment*. Elektron akan terlepas ketika energi listrik diaplikasikan pada gas tersebut, menghasilkan molekul dengan kereaktifan tinggi. Mekanisme modifikasi permukaan *fiber* terjadi ketika atom hidrogen pada ikatan C-H dari polimer *fiber* digantikan oleh grup fungsional C-O. Grup fungsional ini ditandai dengan adanya *micro erosion* pada permukaan *fiber* saat dilihat dengan SEM (*scanning electron microscopy*) yang akan menunjang adhesi sangat baik antara *fiber* dan matriks resin [16].



**Gambar 2.** SEM pada permukaan *polyethylene fiber* (Sumber: Spyrides *et al.*, 2015)

*Fiber* yang telah terbasahi dengan bahan bonding kemudian disinari dengan menggunakan *light curing unit* sehingga ikatan antara *fiber* dan *bonding* berupa ikatan *mechanical interlocking*. Bahan *bonding* kemudian akan berikatan secara kimiawi pada resin komposit yang diletakkan di atasnya. Ikatan komposit dan *bonding* dihasilkan dari ikatan kovalen antara bahan resin dari komposit dan *bonding*, yaitu suatu ikatan kimia yang cukup kuat karena kedua resin tersebut merupakan derivat dari golongan metakrilat [9]. Pada saat tekanan diberikan secara tegak lurus dari arah vertikal, bahan *bonding* akan mentransfer tekanan dari resin komposit ke *fiber*. Distribusi tekanan akan diterima oleh 1 lapisan *fiber* pertama dan akan diteruskan pada lapisan *fiber* berikutnya sehingga lapisan *fiber* yang lebih banyak menghasilkan energi lebih besar untuk menciptakan permukaan yang baru dan menghasilkan kekuatan fleksural yang tinggi.

Perbedaan yang tidak signifikan antara kelompok kontrol dan perlakuan 1 menunjukkan bahwa meskipun rata-rata kelompok perlakuan 1 lebih kecil dari kelompok kontrol, namun perbedaan rata-rata tersebut hanya dalam segi angka dengan rentang yang tidak terlalu jauh. Hal tersebut disebabkan karena jenis *fiber* dan susunan *fiber* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *unidirectional polyethylene fiber* yang memiliki ketebalan 10-20  $\mu\text{m}$  [17] dan tekanan yang diberikan peneliti saat pemampatan resin komposit tidak dapat dikendalikan sehingga volume resin komposit tiap sampel tidak terkendali. Pembasahan *fiber* juga dapat mempengaruhi hasil penelitian. Salah satu faktor penting yang mempengaruhi kekuatan komposit yang diperkuat oleh *fiber* adalah efektivitas pembasahan *fiber* dengan bahan adhesif resin, dimana matriks resin berkontak rapat dengan permukaan *fiber*. Pembasahan *fiber* bertujuan untuk menyediakan adhesi antara *fiber* dan resin komposit sehingga tekanan dapat diteruskan dari resin komposit ke

*fiber* [18]. Pada penelitian ini, pembasahan *fiber* dilakukan secara manual menggunakan *microbrush*. Ada kemungkinan pembasahan yang sempurna sulit tercapai sehingga ada celah di dalam matriks polimer. Celah tersebut akan menurunkan kekuatan mekanis termasuk kekuatan fleksural dari resin komposit yang diperkuat oleh *fiber*.

## **Kesimpulan**

Kesimpulan penelitian ini adalah terdapat peningkatan kekuatan fleksural resin komposit *microhybrid* dengan penambahan lapisan *polyethylene fiber*. Penambahan dua lapis dan tiga lapis *polyethylene fiber* mampu meningkatkan kekuatan fleksural resin komposit *microhybrid*. Saran yang dapat diberikan yaitu perlu dilakukan penelitian serupa dengan menggunakan jumlah *fiber* yang lebih banyak untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kekuatan fleksural resin komposit *microhybrid*, penelitian lebih lanjut dengan menggunakan jenis komposit dan *bonding* generasi berbeda, serta pemampatan resin komposit sebaiknya menggunakan beban timbangan untuk mengendalikan volume resin komposit.

## **Pustaka**

- [1] Rosenstiel, S. F., Land, M. F., Fujimoto, J. *Contemporary Fixed Prosthodontics*. 4<sup>th</sup> Edition. USA: Mosby Inc. 2006
- [2] LeSage, B.P. Aesthetic Anterior Composite Restorations: A Guide to Direct Placement. *Dent Clin N Am*. 2007; 51: 359-378
- [3] Freilich, M.A., Meiers, J.C., Duncan, J.P., Eckrote, K.A., Goldberg, J. Clinical Evaluation of Fiber-reinforced Fixed Bridges. *J Am Dent Assoc*. 2002; 133: 1524-34
- [4] Le Bell Ronnlof, Anna-Maria. *Fiber Reinforced Composites as Root Canal Posts*. Turku: Medica Odontologica. 2007
- [5] Rosenstiel, S. F., Land, M. F., Fujimoto, J. *Contemporary Fixed Prosthodontics*. 3<sup>rd</sup> Edition. USA: Mosby Inc. 2001
- [6] Tayab, Tabassum., Shetty, Akshay., and Kayalvizhi. The Clinical Applications of *Fiber Reinforced Composites* in all Specialties of Dentistry an Overview. *International Journal of Composite Materials*. 2015; 5(1): 18-24
- [7] Septommy, Catur., Widjijono., Dharmastiti, Rini. Pengaruh Posisi dan Fraksi Volumetrik *Fiber Polyethylene* terhadap Kekuatan Fleksural *Fiber Reinforced Composite*. *Dental Journal*. 2014; 47(1): 52-56

- [8] Mozartha, M., Herda, E., Soufyan, A. Pemilihan Resin Komposit dan Fiber untuk Meningkatkan Kekuatan Fleksural *Fiber Reinforced Composite*. *Jurnal PDGI*. 2010; 59 (1): 29-34
- [9] Annusavice, K. J. *Philips : Buku Ajar Ilmu Bahan Kedokteran Gigi*. Alih bahasa: Johan Arif Budiman, Susi Purwoko, Lilian Juwono. Edisi 10. Jakarta: EGC. 2003
- [10] Esterina, H., Sunarko, B., dan Ismiyatin, K. Perbedaan Kekuatan Tarik Diametra Resin Komposit Nanofiller dan Resin Komposit Nanoceramic. *Conservative Dental Journal*. January-June 2012; 2 (1)
- [11] McCabe, John F & Walls, Angus W.G. *Applied Dental Materials*. 9<sup>th</sup> Edition. Hong Kong: Blackwell Publishing Ltd. 2008
- [12] Pontes., Alves., Ballester., Dias., Silva. Mechanical Properties of Nanofilled and Microhybrid Composites Cured by Different Light Polymerization Modes. *Dental Materials*. 2013
- [13] International Organization for Standardization: ISO 4049. Dentistry- Polymer- based filling, restorative and luting materials 3<sup>rd</sup> Ed. 2000
- [14] Mosharraf, R & Givechian, P. 2012. Effect of Fiber Position and Orientation on Flexural Strength of Fiber Reinforced Composite. *Journal of Islamic Dental Association of IRAN*. 24(1): 21-27
- [15] Sharafeddin, F., Alavi, A.A., Talei, Z. Flexural Strength of Glass and Polyethylene Fiber Combined with Three Different Composites. *J Dent*. 2013; 14(1):13-19
- [16] Spyrides, Silvana M.M., Prado, Maira do., Simao, Renata Antoun., Bastian, Fernando Luis. Effect of Plasma and *Fiber* Position on Flexural Properties of a Polyethylene *Fiber-Reinforced Composite*. *Brazilian Dental Journal*. 2015; 26(5): 490-496
- [17] O'Masta, Mark R. Mei 2014. *Mechanism of Dynamic Deformation and Failure in Ultra High Molecular Weight Polyethylene Fiber-Polymer Matrix Composites*. Virginia: Material Science and Engineering University of Virginia
- [18] Loncar, A., Vojvodiae, D., Jerolimov, V., Komar D., Abaroviae, D. *Fiber Reinforced Polymers Part II: Effect on Mechanical Properties*. *Acta Stomatol Croat*. 2008; 42(1):49-63