

Perbandingan kekuatan fleksural antara orientasi unidirectional dan bidirectional fiber agave sisalana pada fiber reinforced composite

Erfandi Ahmad

Mahasiswa Pendidikan Dokter Gigi Fakultas Kedokteran Gigi,
Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Purwanto Agustiono

Departemen Ilmu Biomaterial Kedokteran Gigi, Fakultas
Kedokteran Gigi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Dyah Irnawati

Departemen Ilmu Biomaterial Kedokteran Gigi, Fakultas
Kedokteran Gigi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Abstrak

Fiber reinforced composite (FRC) merupakan material dengan bahan utama matriks yang diperkuat fiber. Aplikasi FRC sebagai material *splinting* gigi membutuhkan kekuatan fleksural yang cukup untuk menahan gaya mastikasi. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan mekanis FRC adalah orientasi fiber. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kekuatan fleksural susunan fiber sisal (*Agave sisalana*) *unidirectional* dan *bidirectional* pada FRC. Bahan penelitian ini adalah FRC dengan matriks *flowable composite* (Master Flow, Brazil) dan fiber sisal (*Agave sisalana*) (Balittas, Indonesia). Sampel FRC (25x2x2mm) dibuat dengan orientasi fiber sisal *unidirectional* dan *bidirectional* (n=4). Kekuatan fleksural sampel diukur dengan *universal testing machine* (kecepatan 1 mm/menit). Data kekuatan fleksural dianalisis secara statistik menggunakan *independent t-test* ($\alpha = 0,05$). Hasil penelitian menunjukkan rerata kekuatan fleksural FRC dengan fiber sisal orientasi *unidirectional* $36,56 \pm 2,91$ MPa dan orientasi *bidirectional* $24,09 \pm 2,08$ MPa. Hasil *independent t-test* menunjukkan perbedaan kekuatan fleksural yang bermakna antara orientasi *unidirectional* dan *bidirectional* ($p < 0,05$). Kesimpulan penelitian ini adalah kekuatan fleksural FRC fiber sisal (*Agave sisalana*) dengan orientasi *unidirectional* lebih besar daripada orientasi *bidirectional*.

Kata kunci: FRC, orientasi fiber sisal, kekuatan fleksural.

Korespondensi:

Erfandi Ahmad

Mahasiswa Pendidikan Dokter
Gigi Fakultas Kedokteran Gigi,
Universitas Gadjah Mada,
Yogyakarta

Fleksural strength of fiber reinforced composite with unidirectional and bidirectional of agave sisalana fibers

Abstract

Fiber reinforced composite (FRC) contains a polymer matrix and fibers. The FRC application as a dental splinting material requires a considerable flexural strength to withstand the mastication forces. The fiber orientation is one factor influences the mechanical strength of FRC. The aim of study was to compare the flexural strength between unidirectional and bidirectional orientations of sisal fiber (*Agave sisalana*) on FRC. The FRC with a flowable composite matrix (Master Flow, Brazil) and sisal fiber (*Agave sisalana*) (Balittas, Indonesia) were used. The FRC samples (25x2x2mm) were made with unidirectional and bidirectional fibers orientation (n=4). The flexural strengths were measured using the universal testing machine and the data were analyzed statistically using an independent t-test ($\alpha=0,05$). The results showed that the average flexural strength of FRC unidirectional group was 36.56 ± 2.91 MPa and bidirectional group was 24.09 ± 2.08 MPa. The independent t-test showed a significant difference in flexural strength between unidirectional orientation and bidirectional orientation fiber ($p < 0.05$). This study reveals that the flexural strength of FRC with unidirectional orientation was greater than the bidirectional orientation of sisal fiber (*Agave sisalana*).

Key words: FRC, sisal fiber orientations, flexural strength.

Pendahuluan

Kegoyahan gigi banyak dialami oleh masyarakat yang disebabkan beberapa hal, antara lain traumatic oklusi, hilangnya tulang alveolar, hilangnya perlekatan jaringan periodontal, dan radang periodontal. *Splinting* adalah salah satu perawatan untuk mengatasi kegoyahan gigi. Indikasi utama penggunaan *splint* dalam mengontrol kegoyahan yaitu imobilisasi kegoyahan gigi.¹ Standar kekuatan *splinting* minimal adalah 153 MPa.²

Salah satu material yang dapat digunakan untuk *splinting* adalah *fiber reinforced composite* (FRC). Material FRC merupakan salah satu material komposit

yang tersusun atas matriks yang diperkuat oleh *fiber* yang tipis, yang memiliki kekuatan tarik dan tekanan *fleksural* yang tinggi.³ Bahan penguat FRC biasanya dalam bentuk *fiber* yang memiliki kekuatan yang tinggi.⁴ Material FRC memiliki banyak kelebihan, diantaranya tidak korosif, translusen, memiliki kekuatan *bonding* yang baik, dan mudah diperbaiki.⁵

Fiber dalam FRC dapat berukuran pendek atau panjang dengan susunan yang bervariasi. Susunan *fiber* panjang dalam FRC (*continues fiber reinforced composite*) dibagi menjadi *unidirectional fiber*, *bidirectional fiber*, dan *multidirectional fiber*. Susunan *fiber* dengan matriks membentuk suatu kesatuan secara fisika maupun kimia.⁶

Sifat mekanis FRC dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: 1) sifat dasar dari *fiber* dan matriks polimer, 2) perekat dan impregnasi *fiber* dengan resin, 3) adhesi antara *fiber* dengan matriks polimer, 4) kuantitas *fiber*, 5) orientasi *fiber*, 6) posisi dari *fiber*, dan 7) penyerapan air pada matriks FRC.⁷ Orientasi *fiber* mempengaruhi kekuatan tarik dan modulus. Kekuatan tarik dan modulus yang maksimal terdapat pada sudut $\theta = 0^\circ$. Semakin tinggi sudut orientasi *fiber*, kekuatan tarik dan modulus akan semakin berkurang. Orientasi *fiber* juga berkaitan erat dengan penyebaran tekanan pada FRC.⁶

Fiber berdasarkan sumbernya dikelompokkan menjadi *fiber* sintesis dan *fiber* alami. Beberapa jenis *fiber* sintesis yang digunakan adalah *glass*, *aramid*, *carbon*. *Fiber* alami diperoleh dari tanaman, misalnya *jute*, *flax*, *hemp*, *remi*, sisal, *coconut fiber (coir)* dan *banana fiber (abaca)* (Mallick, 2007). *Fiber* sisal berasal dari tanaman *Agave sisalana (A.sisalana)*. *Fiber* sisal memiliki kekuatan dampak dan tarik yang tinggi serta kekuatan *bending* yang baik jika dibandingkan dengan serat alami lainnya.⁸

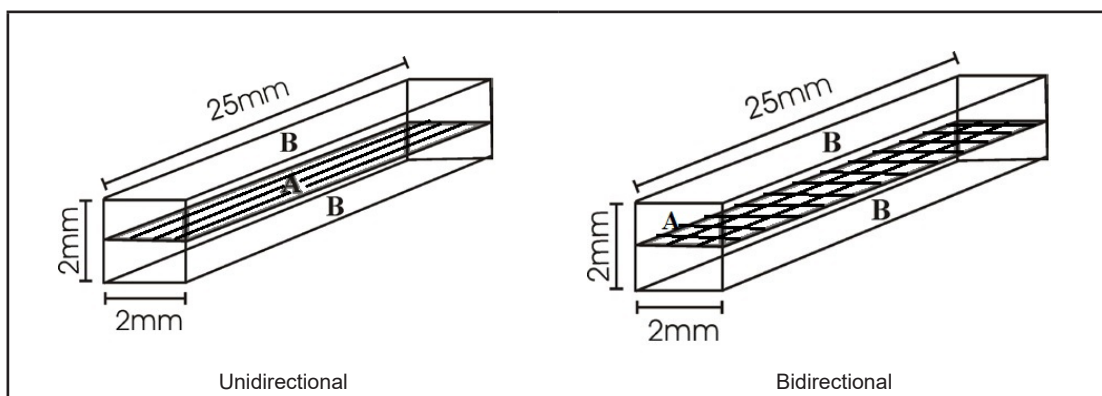
Penggunaan *fiber* alami sebagai penguat polimer komposit untuk menggantikan *fiber* sintesis seperti *glass* saat ini menarik perhatian karena memiliki keuntungan, antara lain murah, densitas yang rendah, kekuatan spesifik yang tinggi, serta ketersediaannya sebagai sumber daya yang baru. *Fiber* alami juga ramah lingkungan,

yang berarti memiliki sifat biodegradasi.⁹

Bahan FRC pada aplikasi *splinting* akan selalu berada dalam lingkungan yang dinamis di dalam mulut, seperti pH yang selalu berubah dan mastikasi. Pada proses mastikasi terdapat banyak gaya, salah satunya adalah tekanan fleksural.¹⁰ Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kekuatan fleksural antara orientasi *unidirectional* dan *bidirectional fiber Agave sisalana* pada *fiber reinforced composite*.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan *flowable composite* (Master Flow, Brazil) sebagai matriks dan *fiber* yang digunakan adalah *fiber* sisal (*Agave sisalana*) (Balittas, Indonesia). Sampel dibuat dengan bentuk balok berukuran 25x2x2mm menggunakan *acrylic split mould*. Sampel dibagi menjadi 2 kelompok perlakuan dengan perbedaan orientasi *fiber* dalam FRC yaitu orientasi *unidirectional* dan orientasi *bidirectional*. Masing-masing perlakuan terdiri dari 4 buah sampel. *Fiber reinforced composite* dengan orientasi *unidirectional* terdiri dari 3 helai *fiber* berukuran 24 mm, sedangkan FRC dengan orientasi *bidirectional* terdiri dari 2 helai *fiber* berukuran 24 mm dan 12 helai berukuran 1,9 mm (Gambar 1). Sampel direndam dalam akuades selama 24 jam dalam inkubator dengan suhu 37°C. Kekuatan fleksural sampel diuji dengan alat *universal testing machine* dengan kecepatan



Gambar 1. Skema penyusunan FRC pada mould untuk spesimen susunan fiber. A. Fiber *Agave sisalana*, B. Resin komposit.

tekan 1 mm/menit dan jarak antara kedua penyangga 20 mm sesuai dengan standar ISO 10477.⁷ Kekuatan fleksural dihitung dalam satuan MPa. Data kekuatan fleksural dianalisis secara statistik menggunakan uji *independent t-test* ($\alpha = 0,05$).

Hasil Penelitian

Telah dilakukan penelitian mengenai perbandingan kekuatan fleksural antara orientasi *unidirectional* dan *bidirectional fiber Agave sisalana* pada *fiber reinforced composite*. Hasil penelitian kekuatan fleksural FRC menunjukkan rerata kekuatan fleksural FRC dengan orientasi *fiber unidirectional* lebih besar dibandingkan dengan orientasi *fiber bidirectional* (Tabel I).

Hasil uji normalitas dan homogenitas menunjukkan bahwa data penelitian ini berdistribusi normal dan homogen, sehingga data telah memenuhi persyaratan untuk dilakukan uji parametrik. Uji parametrik yang digunakan pada penelitian ini adalah *independent t-test*. Hasil uji *independent t-test* menunjukkan nilai statistik sebesar 6,962 dengan signifikansi 0,001 sehingga terdapat perbedaan kekuatan fleksural yang bermakna antara orientasi *fiber unidirectional* dan *bidirectional fiber Agave sisalana* pada FRC ($p < 0,05$).

Hasil penelitian mengenai perbandingan kekuatan *fleksural* antara *unidirectional* dan *bidirectional fiber Agave sisalana* pada *fiber reinforced composite* menunjukkan adanya perbedaan rerata kekuatan *fleksural* antara orientasi *fiber unidirectional* dan *bidirectional* pada FRC. Hasil *independent t-test* menunjukkan adanya perbedaan kekuatan fleksural yang bermakna antara *unidirectional* dan *bidirectional fiber Agave sisalana* pada FRC ($p < 0,05$), yaitu kekuatan *fleksural* FRC dengan orientasi

fiber unidirectional lebih besar dibandingkan dengan orientasi *bidirectional*.

Fiber reinforced composite merupakan material yang mempunyai dua buah komponen yang berbeda unsur pokok dan memiliki potensi untuk memperbaiki banyak masalah struktur dan estetis.⁵ Susunan *fiber* dengan matriks membentuk suatu kesatuan secara fisika maupun kimia menghasilkan sifat kombinasi antara *fiber* dan matriks yang tidak diperoleh apabila keduanya berdiri sendiri.⁶ Matriks berfungsi untuk memegang *fiber* dalam struktur komposit.³ Selain itu, peran matriks dalam FRC adalah untuk menghantarkan tekanan antar *fiber*, untuk memberikan hambatan terhadap lingkungan yang merugikan, seperti bahan kimia dan kelembaban dan untuk melindungi permukaan *fiber* dari degradasi mekanis seperti abrasi.⁶

Kebanyakan bahan komposit kedokteran gigi menggunakan matriks Bisfenol A-glisidil metakrilat (bis-GMA), urethan dimetakrilat (UDMA), dan trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA).¹⁰ *Fiber* dalam FRC memiliki diameter atau ketebalan kurang dari 250 μm .³ *Fiber* berperan sebagai penguat yang memberikan kekuatan dan kekakuan FRC yang didukung oleh matriks.⁵ *Unidirectional fiber* adalah *fiber* yang hanya memiliki satu arah saja, *bidirectional fiber* adalah *fiber* dengan dua arah, sedangkan *multidirectional fiber* adalah *fiber* yang memiliki lebih dari dua arah. Lamina yang mengandung *fiber* searah, memiliki kekuatan dan modulus tertinggi dalam arah membujur. Namun, dalam arah melintang, kekuatan dan modulus *fiber* sangat rendah. Orientasi *fiber* pada FRC dapat berpengaruh pada kekuatan tarik dan modulus yang akan berdampak pada kekuatan *fleksural*. Kekuatan tarik dan modulus yang maksimal terdapat pada sudut $\theta = 0^\circ$. Semakin tinggi sudut orientasi *fiber*, kekuatan tarik dan modulus akan semakin berkurang. Orientasi *fiber* juga berkaitan dengan penyebaran gaya yang bekerja pada FRC.⁶

Orientasi berpengaruh pada tipe kegagalan FRC. Pada orientasi *unidirectional* akan terjadi pelepasan *fiber* dari FRC

Tabel 1. Rerata dan simpangan baku kekuatan fleksural FRC (MPa)

Orientasi <i>fiber</i>	n	Rerata \pm Simpangan Baku
<i>Unidirectional</i>	4	36,56 \pm 2,91
<i>Bidirectional</i>	4	24,09 \pm 2,08

yang disertai dengan fraktur *fiber* saat diberi tekanan, sedangkan pada orientasi *bidirectional* selain akan terjadi fraktur *fiber* juga akan terjadi pelepasan lapisan *fiber* dari FRC dan *microfracture* matriks, sehingga kekuatan fleksural FRC dengan orientasi *bidirectional* lebih rendah dibandingkan dengan *unidirectional*.

Efisiensi penguatan oleh orientasi *fiber* melalui penyebaran tekanan dijelaskan dengan *Krenchel factor*. Material yang memiliki nilai *Krenchel factor* 1 adalah *fiber* yang berorientasi *unidirectional* yang memberikan tingkat penguatan maksimal pada penyebaran tekanan. Saat *fiber* tersusun tegak lurus satu sama lain atau berorientasi *bidirectional*, efisiensi penguatan berkurang 50% pada setiap arah dengan nilai *Krenchel factor* 0,5.¹¹

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai perbandingan kekuatan fleksural antara orientasi *unidirectional* dan *bidirectional fiber Agave sisalana* pada *fiber reinforced composite*, dapat disimpulkan bahwa kekuatan fleksural FRC dengan orientasi *fiber Agave sisalana unidirectional* lebih tinggi dibandingkan FRC dengan orientasi *fiber Agave sisalana bidirectional*.

Daftar Pustaka

1. Suwandi T. Perawatan Awal Penutupan Diastema Gigi Goyang Pada Penderita Periodontitis Kronis Dewasa. *Jurnal PDGI*, 2010; 59(3):105-109.
2. Yapp MS, Power JM. Fleksural Strength and Modulus of Several Splinting Products. *The Dental Advisor Biomaterials Research Center*. 2011; 38:1.
3. Zhang M, Matinlinna, JP. E-glass Fiber Reinforced Composites in Dental Application. *Silicon*. 2012; 4:73-78.
4. Sakaguchi RL, Powers JM. *Craig's Restorative Dental Materials*. 13th ed. Philadelphia: Elsevier, 2012. p.84-85.
5. Freilich MA, Meiers JC, Duncan JP, Goldberg AJ. *Fiber-Reinforced Composites in Clinical Dentistry*. Illinois: Quintessence Publishing Co. Inc, 2000. p.9-19, 23-31.
6. Mallick PK. *Fiber-Reinforced Composites: Materials, Manufacturing, and Design*. 3rd Edition. Boca Raton: CRC Press, 2007. p. 19, 49-74, 78-80, 169.
7. Dyer, SR, Lasilla L, Jokinen M, Vallittu, PK. Effect of Fiber Position and Orientation on Fracture Load of Fiber Reinforced Composite. *Dental Materials*. 2004; 20: 947-955.
8. Joseph K, Filho RDT, James B, Thomas S, Carvalho LH, A Review On Sisal Fiber Reinforced Polymer Composites. *Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental*. 1999; 3:367-379.
9. Rong MZ, Zhang MQ, Liu Y, Yang GC, Zeng HM. The Effect of Fiber Treatment on The Mechanical Properties of Unidirectional Sisal Reinforced Epoxy Composites. *Composites Science and Technology*, 2001;61:1437- 1447.
10. Anusavice KJ. *Buku Ajar Ilmu Kedokteran Gigi* (terj.). Edisi ke-10. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC, p. 21-25, 42-55, 228-229.
11. McCabe JF, Walls AWG. *Applied Dental Materials*. 9 th ed. Oxford: Blackwell Munksgaard, 2008. p. 213-215.