

**Penambahan Sisal-mikro terhadap Kekuatan  
*Flexural* pada *Base Plate* Resin Akrilik *Micro  
Sisal Adduction toward Flexural Strength Base  
Plate Acrylic Resin***

**Anastasia Anastiti Sari Dewanti, Widjiono, Purwanto  
Agustiono**

Departemen Ilmu Biomaterial Kedokteran Gigi, FKG-UGM

**Abstrak**

Dental resin komposit tersusun atas polimer dengan tambahan bahan penguat filler kuarsa, silica, *glass* dan serat pendek, pada umumnya berasal dari material sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Serat alami sisal (*Agave sisalana*) tersedia melimpah, dapat dibudidayakan dan diperbarui, sehingga ekosistem lingkungan terjaga. Serat alami pada umumnya bersifat hidrofilik, tetapi dapat dijadikan hidrofobik dengan cara alkalisasi dan dapat dimanfaatkan sebagai material alternatif pengganti pengisi pada dental komposit. Penelitian ini menggunakan serat sisal (Balittas-Malang), resin akrilik (QC-20). Alkalisasi menggunakan NaOH 6%, netralisasi menggunakan asam asetat 2%. Alat yang digunakan : SEM dan *universal testing machine*. Sampel dengan ukuran 60×10×4 mm sebanyak 8 buah, analisis data menggunakan *independent t-test*. Hasil penelitian menunjukkan penyiapan sisal mikro dengan ukuran 0,075-100 µm, rerata *flexural strength* resin akrilik *unfilled* 109,20 ± 3,12 MPa, resin akrilik dengan *reinforcement* sisal mikro 94,42 ± 9,35 MPa (K) dan berbeda bermakna. Penurunan kekuatan fleksural disebabkan pada proses penyiapan mengalami perubahan sifat dari hidrofilik (awal) menjadi hidrofobik (*scouring*) dan kembali menjadi hidrofilik lagi pada netralisasi menggunakan asam asetat. Kesimpulan penambahan sisal-mikro tanpa *coupling agent* menyebabkan penurunan *flexural strength* sisal-resin komposit.

**Korespondensi:**

**Anastasia Anastiti**

Departemen Ilmu  
Biomaterial Kedokteran  
Gigi, FKG-UGM

**Kata kunci :** sisalmikro-flexural, sisal-resin komposit.

## Abstract

*Composite dental resin consists of polymer with reinforcement materials, such as quartz, silica, glass, and short fibers, they generally came from natural resources that cannot be renewed. Natural fibers sisal (Agave sisalana), has an abundance of it and can be cultivated and renewed, which protects the environment's ecosystem. Generally, natural fibers are hydrophilic, but can change to hydrophobic by alkalization. This can be used as an alternative reinforcement material to used instead in dental composite. This research used sisal fiber (Balittas-Malang), acrylic resin (QC-20). Alkalization used NaOH 6%, neutralization used acetic acid 2%. Utilities that used such were: SEM and universal testing machine. The data of 8 sample sized 60×10×4 mm were analyzed with independent t-test. The micro sisal preparation resulted in particle sized 0,075-100 µm, the mean of unfilled acrylic resin was 109,20 ± 3,12 MPa micro sisal reinforced acrylic resin was 94,42 ± 9,35 MPa (K) with significant difference. A decreasing flexural strength is caused by a change of characteristic from hydrophilic (beginning) to hydrophobic (scouring) and changed to hydrophilic again in the neutralization process using acetate acid. Conclusion of this research was the adduction of micro-sisal without coupling agent reduced the flexural strength of acrylic resin.*

**Keywords :** *microsisal-flexural, sisal-resin composite*

## Pendahuluan

Polimer akrilik dalam kedokteran gigi dapat digunakan dalam berbagai hal, seperti *base plate* gigi tiruan, bahan dari gigi tiruan, bahan sendok cetak, atau sebagai bahan prostetik lain <sup>[1]</sup>. Resin akrilik masih menjadi pilihan utama sebagai bahan *base plate* gigi tiruan karena memiliki estetika yang baik, mudah untuk diproses, dan mudah diperbaiki <sup>[2]</sup>. Jenis resin akrilik yang sering digunakan adalah resin *polymethyl methacrylate* kuring panas <sup>[1]</sup>.

Selain memiliki keuntungan, resin akrilik juga memiliki beberapa kerugian seperti resin mudah patah <sup>[2]</sup>. Polimer resin akrilik yang biasa digunakan sebagai *base plate* gigi tiruan memiliki *strength* dan *modulus* yang relatif rendah <sup>[3]</sup>. Resin akrilik harus mampu menahan tekanan mastikasi

yang terus menerus <sup>[4]</sup>. Tekanan mastikasi pada daerah gigi molar diramalkan dapat mencapai 880 N <sup>[5]</sup>, sedangkan *flexural strength* dari resin akrilik hanya 696 MPa atau 696 N/mm<sup>2</sup> <sup>[6]</sup>. Untuk meningkatkan kekuatan mekanik dari resin akrilik telah dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah memberi *reinforcement* ke dalam resin <sup>[1]</sup>. Bahan *reinforcement* berdasarkan bentuknya dapat dibedakan menjadi dua yaitu *fiber* dan partikel <sup>[7]</sup>. Bahan *reinforcement* alami yang biasa digunakan biasanya berupa silikon karbida, boron karbida, titanium karbida, alumina, silikon nitrida, mulite, dan titanium di-bromida <sup>[8]</sup>. Bahan-bahan tersebut walau dapat meningkatkan kekuatan mekanik resin akrilik juga memiliki kelemahan yaitu ketersediaan bahan-bahan tersebut terbatas di alam selain itu juga cukup mahal <sup>[9]</sup>. Bahan *reinforcement* partikel terdapat

dalam ukuran makro hingga nano <sup>[10]</sup>. Resin komposit mikrofiller memiliki kekuatan yang lebih besar daripada resin komposit nanofiller <sup>[11]</sup>, hal ini disebabkan karena resin komposit *nanofiller* tidak dapat berikatan dengan matriks secara baik sehingga sering terjadi *nanoporous* <sup>[12]</sup>.

Beberapa waktu terakhir, banyak penelitian yang dilakukan untuk mencari alternatif untuk bahan *reinforcement*, yaitu *natural fiber*. Salah satu jenis dari *natural fiber* adalah *sisal fiber* <sup>[9]</sup>. *Sisal fiber* berasal dari tumbuhan *Agave sisalana*, yang merupakan salah satu penghasil serat alam paling banyak digunakan di dunia. *Natural fiber* memiliki potensi yang besar sebagai alternatif bahan *reinforcement* karena selain murah dan dapat diproduksi secara massal, *natural fiber* dapat meningkatkan kekuatan mekanik material <sup>[13]</sup>. Salah satu sifat mekanis yang perlu diuji untuk mengetahui apakah partikel sisal dapat meningkatkan kekuatan mekanis dari resin akrilik adalah *flexural strength*, yaitu kekuatan tekuk adalah kemampuan suatu material menahan tekanan saat ditekuk hingga akhirnya patah <sup>[14]</sup>.

## Metode Penelitian

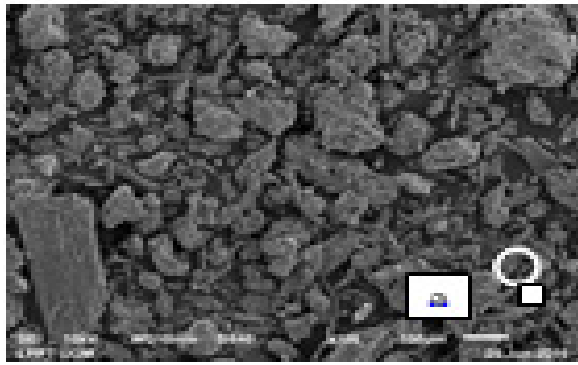
**Pembuatan sisal mikro: a.** *Fiber* ditimbang sebanyak 20 gram dan dilanjutkan dengan proses *scouring*, dengan merendam *fiber* ke dalam larutan NaOH 6% 60 ml pada suhu 65°C selama 3 jam sambil terus diaduk menggunakan *magnetic stirrer*, volume larutan NaOH 6% dipertahankan dengan menambahkan larutan setiap 30 menit sekali. *Fiber* dicuci dengan menggunakan akuades, dilanjutkan pencucian dengan larutan asam asetat (CH<sub>3</sub>COOH) 2% (V/V) untuk menetralkan *fiber* <sup>[15]</sup>. Pencucian dilakukan terus menerus hingga dicapai pH 7 <sup>[16]</sup>; **b.** *Fiber* *diblenching* dengan direndam ke dalam larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% (v/v) dan dipanaskan pada suhu 45°C sambil diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 3 jam <sup>[17]</sup>. *Fiber* dicuci menggunakan akuades hingga didapatkan pH netral <sup>[18]</sup>; **c.** *Fiber* dihidrolisis dengan direndam menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 30% dan

dipanaskan pada suhu 70°C sambil diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama satu jam. *Fiber* dicuci menggunakan akuades hingga didapatkan pH netral <sup>[18]</sup>, lalu dikeringkan menggunakan *vacuum oven* <sup>[19]</sup>: 1. Partikel sisal mikro lalu di uji SEM untuk mengetahui ukurannya; 2. Partikel sisal mikro dicampur dengan serbuk resin akrilik hingga homogen dengan perbandingan 30% v/v <sup>[20]</sup>. Campuran sisal mikro dan serbuk resin akrilik diberi cairan monomer dengan perbandingan 3:1 <sup>[21]</sup>; 3. Sampel resin akrilik *unfilled* dan resin akrilik dengan *reinforcement* sisal mikro masing-masing dibuat berjumlah 4 dengan ukuran 60 mm x 10 mm x 4 mm <sup>[14]</sup>. Sampel diproses dengan cara kuring panas pada suhu 65° C selama 90 menit dan dilanjutkan dalam keadaan mendidih selama 1 jam dan lalu dipoles <sup>[22]</sup>; 4. Sampel yang sudah dipoles dilakukan pengujian *flexural strength* sampel dengan menggunakan *universal testing machine* dengan metode *3 point bending test* <sup>[6]</sup>. Data yang diperoleh diuji normalitas (Shapiro-Wilk) dan homogenitas (Levene), kemudian dilanjutkan dengan uji analisis *independent t-test* dengan signifikansi sebesar 0,05 <sup>[23]</sup>.

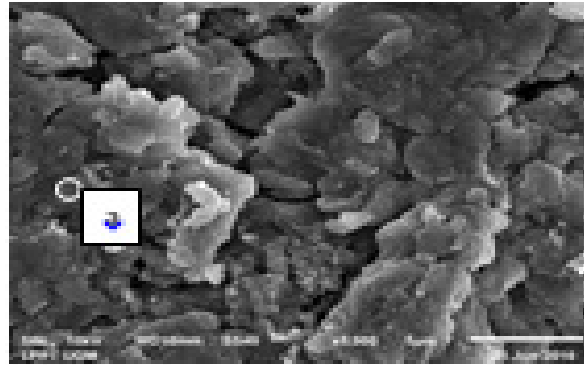
## Hasil Penelitian

Hasil dari uji SEM yang dilakukan untuk memastikan ukuran *reinforcement* sisal mikro didapatkan hasil berkisar 0,075 - 100 µm. Rerata dan simpangan baku *flexural strength* dapat dilihat pada tabel I. Tabel I menunjukkan terdapat kecenderungan rerata *flexural strength* pada *base plate* resin akrilik *nonreinforcement* lebih tinggi dibandingkan dengan *base plate* resin akrilik dengan *reinforcement* sisal mikro.

Data yang diperoleh selanjutnya diuji normalitas dengan menggunakan metode Shapiro-Wilk sebagai syarat untuk uji statistik parametrik. Hasil uji normalitas dapat dilihat pada tabel II. Uji normalitas pada kelompok kontrol menunjukkan nilai statistik sebesar 0,955 dengan signifikansi 0,750 sedangkan kelompok yang diberi *reinforcement* sisal mikro menunjukkan nilai statistik sebesar 0,925 dengan signifikansi



Gambar 2. Hasil uji SEM dengan perbesaran 100 kali a) partikel berukuran 100μm



Gambar 3. Hasil uji SEM dengan perbesaran 5.000 kali a) partikel berukuran 0,075 μm

Tabel I. Nilai rerata dan simpangan baku flexural strength pada base plate resin akrilik tanpa reinforcement dan dengan reinforcement sisal mikro (MPa)

Kelompok	n	Rerata ± simpangan baku
Kontrol	4	109,20 ± 3,12
Sisal mikro <i>reinforced</i>	4	94,42 ± 9,35

Tabel II. Rangkuman hasil uji normalitas Shapiro-Wilk dari data penelitian flexural strength pada base plate resin akrilik tanpa reinforcement dan dengan reinforcement sisal mikro

Kelompok	Statistik Shapiro-Wilk	Derajat Kebebasan	Signifikansi
Kontrol	0,955	4	0,750
Sisal mikro <i>reinforced</i>	0,925	4	0,566

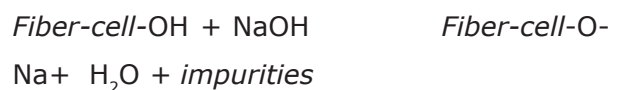
0,566 yang berarti kedua kelompok tersebut terdistribusi normal ( $p > 0,05$ ).

Uji homogenitas dilakukan dengan metode Levene untuk mengetahui apakah varians kedua kelompok terdistribusi homogen. Hasil uji homogenitas kedua kelompok menunjukkan nilai statistik 2,104 dengan signifikansi 0,197 yang berarti data tersebut homogen ( $p > 0,05$ ). Hasil uji *independent t-test* menunjukkan nilai statistik sebesar 2,998 dan signifikansi sebesar 0,024 dan menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna antara *flexural strength* tanpa *reinforcement* dan yang yang diberi *reinforcement* sisal mikro ( $p < 0,05$ ).

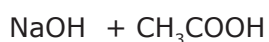
## Pembahasan

Hipotesis penelitian yang menyatakan bahan *reinforcement* sisal mikro dapat meningkatkan *flexural strength* dari resin akrilik tidak terbukti. Hal ini tidak terbukti

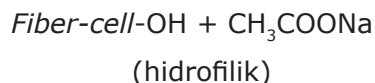
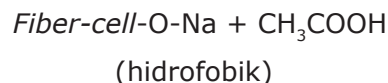
karena diperkirakan sifat *fiber* setelah diproses tetap bersifat hidrofilik. *Fiber* sisal yang belum diberi perlakuan bersifat hidrofilik [24]. Proses *scouring* akan menghilangkan *impurities* dari *fiber*, yaitu *pectin*, *wax*, *gums* *fats*, minyak [25], dan selulosa atau lignoselulosa [26]. NaOH akan pecah menjadi  $\text{NaO}^-$  dan  $\text{H}^+$ . Ion  $\text{H}^+$  akan bereaksi dengan gugus hidroksil dari *fiber*, sehingga membuat *impurities* dari *fiber* terlepas dan digantikan oleh gugus  $\text{NaO}^-$  [24], dengan reaksi sebagai berikut :



Sifat *fiber* berubah menjadi hidrofobik karena terbentuk gugus *fiber cell-O-Na*. Pada proses netralisasi basa kuat (NaOH) dengan menggunakan asam lemah ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) menurut [27] akan menghasilkan reaksi :



Berdasar reaksi tersebut yang mungkin terjadi pada proses netralisasi *fibre-cell-O-Na* :



Hasil dari reaksi tersebut terbentuk kembali gugus hidroksil pada *fiber*, hal ini yang mungkin menyebabkan *fiber* kembali bersifat hidrofilik. Sedangkan pada proses *bleaching* tidak terjadi perubahan sifat *fiber*, melainkan hanya menghilangkan *impurities* yang tersisa pada *fiber* dengan reaksi oksidasi <sup>[25]</sup>. Proses selanjutnya adalah proses hidrolisis dengan larutan asam kuat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) untuk memfraksi *fiber* <sup>[28]</sup>.

Hasil dari uji *flexural strength* kecenderungan sampel *base plate* resin akrilik yang tidak diberi *reinforcement* lebih tinggi dibandingkan dengan sampel *base plate* resin akrilik yang diberi *reinforcement* sisal mikro. Hal ini dapat dikarenakan serbuk sisal mikro bersifat hidrofilik sehingga tidak dapat berikatan dengan matriks resin <sup>[29]</sup>. *Reinforcement* sisal mikro tidak dapat berikatan dengan matriks sehingga *stress transfers* tidak dapat terjadi dengan baik dan membuat *flexural strength base plate* menjadi lebih kecil dibandingkan dengan yang tidak diberi *reinforcement*.

Kemungkinan lain yang menyebabkan *flexural strength* dari resin akrilik *reinforced* sisal mikro adalah karena tidak menggunakan *coupling agent* dalam pembuatan sampel. Menurut <sup>[30]</sup> *fiber* dengan komposisi *lignocellulose* diberi *coupling agent* agar dapat berikatan dengan matriks material.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan sisal-mikro tanpa *coupling agent* menyebabkan penurunan *flexural strength* sisal-resin komposit.

## Daftar Pustaka

1. Sakaguchi RL, Powers JM, Craig's *Restorative Dental Materials*, 13<sup>th</sup> ed., Elsevier Mosby, Philadelphia, 2012;191.
2. Murthy HBM, Shaik S, Sachdeva, H, Khare S, Haralur S. B, Roopa KT, Effect of Reinforcement Using Stainless Steel Mesh, Glass Fibers, and Polyethylene on the Impact Strength of Heat Cure Denture Base Resin - An *In Vitro* Study, *J. International Oral Health*, 2015;7(6):71-9.
3. Powers JM, Wataha JC, *Dental Materials Properties and Manipulation*, 9<sup>th</sup> ed, Mosby Inc., St. Louis, 2008. p. 301.
4. Sodagar A, Kassaei MZ, Akhavan A, Javadi N, Arab S, Kharazifard MJ, Effect of silver nano particles on flexural strength of acrylic resins, *J. Prosthodontic Research*, 2011;56(2012):120-4.
5. Speidel MO, Uggowitzer PJ, *Materials in Medicine*, ETH Materials, Zurich, 1998;178.
6. John, J., Gangadhar, S. A., Shah, I., Flexural strength of heat-polymerized polymethyl methacrylate denture resin reinforced with glass, aramid, or nylon fibers, *J. Prosthetic Dentistry*, 2001;86(4):424-427.
7. Chawla, K. K., *Composite Materials and Science Engineering*, 2<sup>nd</sup> ed., Springer, New York, 1998;187.
8. Zhou, Y., Yang, L., Huang, Y., *Micro and Macromechanical Properties of Materials*, CRC Press, Boca Raton, 2014;539.
9. Ramzy, A., Beermann, D., Steuernagel, L., Meiners, D., Ziegmann G., Developing a new generation of sisal composite fibres for use in industrial applications, *J.*



- Composites*, 2014, 66 (B):287–298.
10. Hatrick, C. D., Eakle, W. S., Bird, W. F., *Dentalmaterials Clinical Application for Dental Assistant and Dental Hygienist*, 2<sup>nd</sup> ed., Saunders Elseviers, Missouri, 2013;53-54.
11. Anusavice. K. J., Shen, C., Rawls, H. R., *Phillip's Science of Dental Materials*, 12<sup>th</sup> ed., Elsevier Saunders, Missouri, 2013;281-282, 285.
12. Bartolo, P., Bidanda, B., *Biomaterials and Prototyping in Medicine*, Springer, New York, 2008;19-20.
13. Khanam, P. M., Reddy, M. M., Raghu, K., John, K., Naidu, S. V., Tensile, Flexural and Compressive Properties of Sisal/Silk Hybrid Composites, *J. Reinforced Plastic and Composites*, 2007, 26 (10):1065-1067.
14. Thomas, T. C., Kumar K., A., Mohamed, S., Krishnan, V., Mathew, A., Manju V., The Effect on the Flexural Strength, Flexural Modulus and Compressive Strength of Fibre Reinforced Acrylic with That of Plain Unfilled Acrylic Resin – An in Vitro Study, *J. Clinical and Diagnostic Research*, 2015, 9 (3): ZC12-ZC14.
15. Mohammed, M. H., Dauda, B., Unsaturated Polyester Resin Reinforced With Chemically Modified Natural Fibre, *IOSR-JPTE*, 2014,1(4): 31-38.
16. Peng, X., Zhong, L., Ren, J., Sun, R., Laccase and alkali treatments of cellulose fibre: Surface lignin and its influences on fibre surface properties and interfacial behaviour of sisal fibre/phenolic resin composites, *J. Composite*, 2010,41(A) : 1848-1856.
17. Morán, J. I., Alvarez, V. A., Cyras, V. P., Vázquez A., Extraction of Cellulose and Preparation of Nanocellulose from Sisal Fiber, *J. Cellulose*, 2008, 15 : 149-159.
18. Campos, A., Marconcini, J. M., Martins-Franchetti, S. M., Mattoso, L. H. C., The Influence of UV-C Irradiation on The Properties of Thermoplastic Starch and Polycaprolactone Biocomposite with Sisal Bleached Fibers, *J. Polymer Degradation and Stability*, 2012, 97 : 1948-1955.
19. Fernandes, E. M., Mano, J. F., Reis, R. L., Hybrid cork-polymer composites containing sisal fibre: Morphology, effect of the fibre treatment on the mechanical properties and tensile failure prediction, *J. Composite Structures*, 2013, 105 : 153–162
20. Soratur, S. H., 2002, *Essential of Dental Materials*, Jaypee Brothers, New Delhi, hal. 152, 192.
21. Dowd, F., *Mosby's Review for the NBDE Part 2*, 2<sup>nd</sup> ed., Elsevier, Missouri, 2015;356.
22. Manappallil, J. J., 2003, *Basic Dental Materials*, 2<sup>nd</sup> ed, Jaypee Brothers Medical Publisher, New Delhi, hal. 110-116, 372.
23. Dahlan, M. S., *Statistik untuk Kedokteran dan Kesehatan : Deskriptif, Bivariat dan Multivariat Dilengkapi dengan Menggunakan SPSS*, ed. 3, Salemba Medika, Jakarta, 2008; 72.
24. Kabir, M. M., Wang, H., Lau, K. T., Cardona F., Chemical treatments on plant-based natural fibre reinforced polymer composites: An overview, *J. Composites*, 2012, 43 (B):2883–2892.
25. Modibbo, U. U., Aliyu, B. A., Nkafamiya, I. I., The effect of mercerization media on the physical properties of local plant bast fibres, *Int. J. Phys. Sci.*, 2009,4 (11):698-704
26. Gosh, P., *Fiber Science and Technology*, Tata McGraw-Hill, New Delhi, 2004;50-61.
27. Stanton, B., Zhu, L., Atwood, C. H., *Experiment in General Chemistry Featuring MeasureNet*, 2<sup>nd</sup> ed., Brooks/Cole Engaged Learning, California, 2010;158.
28. Lacerda, T. M., Zambon, M. D., Frollini, E., Effect of acid concentration and pulp properties on hydrolysis reactions of mercerized sisal, *J. Carbohydrate Polymers*, 2012,93 : 347–356.
29. Fiore, V., Scalici, T., Nicoletti, F., Vitale, G., Prestipino, M., Valenza, A., A new eco-friendly chemical treatment of natural fibres: Effect of sodium bicarbonate on properties of sisal fibre and its epoxy composites, *J. Composite*, 2015, 85 (B) : 150-160.

30. Adhikary, K.B., Pang, S., Staiger, M.P.,  
Dimensional Stability and Mechanical  
Behaviour of Wood-plastic Composite

Based on Recycled and Virgin High-  
density Polyethylene (HDPE), *Composite  
Part B*, 2007,39: 807-815.