

NASKAH PUBLIKASI

**PENGARUH JUMLAH VOLUME *FILLER* WT% TERHADAP KEKUATAN TEKAN
RESIN KOMPOSIT NANOSISAL**

Dana Ardianita¹ , Dwi Aji Nugroho²

Program Studi Pendidikan Dokter Gigi

1. Mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Gigi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Staf Pengajar Departemen Dental Material Kedokteran Gigi, Program Studi Pendidikan Dokter Gigi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstract

Background : Composite resins are often used in dentistry. Composite resins consist of matrix, inorganic filler and coupling agent. Initially, the filler used for composites made from the quartz material (sand). Now, factories have created glass material for composites. However, the glass material in the composite resin has some drawbacks, among others, the production of glass material is highly dependent on fossil fuels, the emulsion of pollutants produced by the production of glass material is very high, glass material is also non-degradable, nonrenewable and non-recyclable. Therefore, now began to be pursued the use of natural fiber composite resin as a substitute for glass material. One of the natural fibers that can be developed is sisal fiber (Agave sisalana).

Objective : This study aims to determine the effect of volume amount of filler wt% on the compressive strength of nanosisal composite resin.

Methods : This type of research is a laboratory experimental study. The research samples used are nanosisal and nanofiller composite resin cylindrical mold with diameter of 3mm and height 6mm. The samples were divided into four groups (A, B, C, D) with five samples each. Group A used filler with volume 60wt%, group B 65 wt%, group C 70 wt% and group D used 3M Z350 nanofiller composite resin. The sample was tested for compressive strength using a universal testing machine (UST). Non-parametric test of Kruskal Wallis were used for statistical analysis.

Result : Composite resin with 60 wt% filler volume has an average compressive strength of 16.80 MPa, 65 wt% filler volume is 10.70 MPa, composite resin with 70 wt% filler volume is 7.10 MPa and 3M Z350 composite resin is 7.40 MPa. Result of non-parametric statistic test Kruskal Wallis known value $p = 0,033 \rightarrow p < 0,05$ ($p = 1,033 < 0,05$).

Conclusion : There is an effect of volume amount of filler wt% on the compressive strength of nanosisal composite resin with a significant difference.

Key words : sisal, composite resin, compressive strength , nanofiller

Intisari

Latar Belakang: Resin komposit merupakan bahan tambal yang sering digunakan dalam kedokteran gigi. Resin komposit terdiri atas matriks, *filler* (bahan pengisi) anorganik dan *coupling agent*. Pada awalnya, *filler* yang digunakan untuk komposit berasal dari material quartz (pasir). Sekarang, pabrik-pabrik telah menciptakan material glass untuk komposit. Namun, material glass pada resin komposit memiliki beberapa kekurangan antara lain produksi material glass sangat tergantung pada bahan bakar fosil, emulsi polutan yang dihasilkan oleh produksi material glass sangat tinggi, material glass juga bersifat non-degradable, tak terbarukan dan tidak dapat didaur ulang. Oleh karena itu, sekarang mulai diupayakan penggunaan resin komposit serat alam sebagai pengganti material glass. Salah satu serat alam yang dapat dikembangkan adalah serat sisal (*Agave sisalana*).

Tujuan Penelitian : Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah volume *filler* wt% terhadap kekuatan tekan resin komposit nanosisal.

Metode Penelitian : Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental laboratoris. Sample penelitian yang digunakan adalah cetakan resin komposit nanosisal dan resin komposit *nanofiller* berbentuk silinder dengan ukuran diameter 3mm dan tinggi 6mm. Sample dibagi menjadi empat kelompok (A,B, C, D) dengan masing-masing berjumlah lima sample. Kelompok A menggunakan *filler* dengan volume 60wt%, kelompok B dengan volume *filler* 65 wt%, kelompok C dengan volume *filler* 70 wt% dan kelompok D menggunakan resin komposit *nanofiller* 3M Z350. Sample diuji kekuatan tekannya dengan menggunakan *universal testing machine* (UST). Analisis data menggunakan uji *non-parametric Kruskal Wallis*.

Hasil Penelitian : Resin komposit dengan jumlah volume *filler* 60 wt% memiliki rata-rata kekuatan tekan sebesar 16.80 MPa, resin komposit dengan jumlah volume *filler* 65 wt% sebesar 10.70 MPa, resin komposit dengan jumlah volume *filler* 70 wt% sebesar 7.10 MPa dan resin komposit nanosisal 3M Z350 sebesar 7.40 MPa. Hasil uji statistic *non-parametric Kruskal Wallis* diketahui nilai $p = 0,033 \rightarrow p < 0,05$ ($p = 1,033 < 0,05$).

Kesimpulan : Terdapat pengaruh jumlah volume *filler* wt% terhadap kekuatan tekan resin komposit nanosisal dengan perbedaan yang bermakna.

Kata kunci : sisal, resin komposit, kekuatan tekan, *nanofiller*

PENDAHULUAN

Resin komposit dapat didefinisikan sebagai gabungan dari dua atau lebih bahan yang berbeda sifat dan strukturnya yang bertujuan untuk menghasilkan sifat lebih baik yang tidak dapat didapatkan apabila bahan-bahan tersebut berdiri sendiri (Mc Cabe and Walls, 2008). Sifat mekanis resin komposit tergantung dari persentase volume bahan pengisi. Bertambah beratnya bahan pengisi akan meningkatkan kekerasan, kekakuan, kekuatan, dan ketahanan terhadap retakan. Di samping persentase volume bahan pengisi, sifat mekanis komposit juga tergantung dari tipe dan kandungan bahan pengisi, efisiensi proses penggabungan bahan pengisi dengan resin, serta derajat porositas (Sintawati, 2008).

Resin komposit terdiri atas matriks, *filler* (bahan pengisi) anorganik dan *coupling agent*. Matriks berfungsi sebagai bahan yang membentuk fisik resin komposit dan menggabungkan partikel *filler*. *Filler* anorganik adalah bahan penguat yang tersebar di dalam matriks. *Coupling agent* berperan dalam menyatukan matriks dan juga *filler* anorganik. Selain ketiga komponen tersebut, terdapat komponen tambahan yaitu aktivator, pigmen, inisiator dan ultraviolet absorben (Anusavice 2003). Resin komposit dengan *filler* memiliki kekuatan mekanis yang jauh lebih baik daripada resin komposit tanpa *filler* (O'Brien, 2002). Semakin besar volume *filler* yang digunakan pada resin komposit maka semakin besar pula kekuatan mekanisnya (Thomaidis *et al.*, 2013).

Pada awalnya, *filler* yang digunakan untuk komposit berasal dari material quartz (pasir). Material quartz adalah bahan yang kuat, keras dan stabil dalam lingkungan. Sekarang, pabrik-pabrik telah menciptakan material glass untuk komposit. Material glass ini diformulasikan agar memiliki sifat kekerasan, kekuatan dan sifat kimia yang memadai sebagai *filler* komposit (Gladwyn and Bagby, 2009). Namun, material glass pada resin komposit memiliki beberapa kekurangan. Produksi material glass adalah proses energi yang sangat tergantung pada bahan bakar fosil. Emulsi polutan yang dihasilkan oleh produksi material glass sangat tinggi sehingga tidak baik bagi kesehatan dan lingkungan. Material glass juga bersifat non-degradable, tak terbarukan dan tidak dapat didaur ulang (Wambua, *et al.*, 2003; Joshi *et al.*, 2004). Oleh karena itu, sekarang mulai diupayakan penggunaan resin komposit serat alam sebagai pengganti material glass (Wambua, *et al.*, 2003). Resin komposit serat alami menjadi lebih diminati penggunaannya terkait dengan kekuatan tekan yang tinggi, keringanan berat dan hubungannya dengan lingkungan (Bharathidhasan, *et al.*, 2014).

Salah satu serat alam yang dapat dikembangkan adalah serat sisal (*Agave sisalana*), namun penggunaannya masih terbatas pada bidang kelautan dan pertanian. Penggunaan serat sisal ini antara lain digunakan sebagai tali, benang, karpet, dan kerajinan (Kusumastuti, 2009). Sisal merupakan salah satu serat alam yang paling banyak digunakan dan paling mudah dibudidayakan. Sisal tumbuh liar sebagai pagar dan di sepanjang rel kereta api di India. Produksi sisal di seluruh dunia mencapai hampir 4,5 juta ton tiap tahunnya. Tanzania dan Brazil merupakan negara penghasil sisal terbesar (Kusumastuti, 2009). Sisal merupakan serat yang didapatkan dari tanaman sisal (*Agave sisalana*).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratoris dan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin D3 Universitas Gajah Mada, Laboratorium FMIPA Universitas Gajah Mada, Laboratorium Mikrobiologi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Jenis sample yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin komposit nanosisal dengan jumlah volume *filler* 60 wt%, 65 wt%, 70 wt% dan resin komposit *nanofiller* 3M Z350. Cetakan menggunakan sampel berbentuk silindris dengan dimensi tinggi berbanding diameter 2:1 (tinggi 6mm, diameter 2mm) sesuai dengan ISO 9917 (Wang *et al.*, 2003).

1. Pembuatan nanosisal

Serat sisal dipotong dengan menggunakan Tecator *grinder* sampai diperoleh serat partikel halus. Serat kemudian direndam dalam larutan natrium hidroksida 4% (b/b%) pada suhu 80 °C selama 2 jam sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*. Perlakuan ini diulang sampai 3 kali untuk menghilangkan selulosa dari serat. Selanjutnya, serat disaring dan dicuci menggunakan aquades sampai alkalinya hilang.

Serat dicuci dengan air suling hingga bersih dari senyawa alkali. Serat kemudian dilakukan *bleaching* dengan menggunakan larutan buffer asetat (27 gram NaOH dan & 75 ml asam glasial asetat, diencerkan dalam 1L aquades) dan larutan *aqueous chlorite* (1.7 wt % NaOCl₂ dalam air). *Bleaching* dilakukan pada suhu 80 °C selama 4 jam sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*. Proses *bleaching* diulang sebanyak 4 kali. Setiap tahap *bleaching* selesai, serat disaring dan dicuci dengan air suling. Serat kemudian di keringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam. Serat kering tersebut kemudian dihaluskan dengan Philips *grinder*. Hidrolisis asam pada serat yang sudah halus dilakukan pada suhu 50 °C selama 50 menit dengan menggunakan 65 wt% *sulphuric acid* sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*.

Kandungan serat yang dihasilkan setelah semua proses kimiawi tersebut sekitar 5-6 wt%. Suspensi kemudian diencerkan dengan balok es untuk menghentikan reaksi. Kemudian dilakukan pencucian berturut-turut dengan dilakukan centrifugasi (HARRIER 18/80 Refrigerated Centrifuge, Model MSB080.CR1.K) pada suhu 10 °C dan kecepatan 5000 rpm selama 30 menit. Kemudian dilakukan dialysis (SnakeSkin® Pleated Dialysis Tubing-3,500 MWCO) pada aquades untuk menghilangkan asam bebas pada dispersi. Hal ini diverifikasi dengan menentukan kenetralan dialisis yang dapat dicapai. Dispersi yang sempurna dari *nano whiskers* didapatkan dalam tahap sonifikasi menggunakan *Cole-Parmer Ultrasonic Processor* (Model CP 505, 500 Watts). Dispersi kemudian disaring dengan *fritted glass filter* No. 1 untuk menghilangkan sisa agregat, kemudian serat dikeringkan dengan menggunakan *freeze drier* (Flex-Dry™ μP Microprocessor Control, FTS Systems, Inc., USA), sehingga diperoleh nanosisal dalam bentuk semi padat.



Gambar 1. Sisal



Gambar 2. Pengadukan dengan *magnetic stirrer*.



Gambar 3. Proses *scouring*

2. Pembuatan sampel nanosisal.

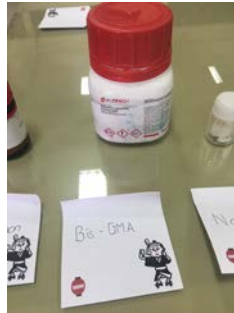
Nanosisal semi padat ditimbang dengan neraca digital sebesar 0,003 gram (60 wt%), 0,005 gram (65 wt%) dan 0,007 gram. Masing-masing sisal dicampur dengan 0,5 gram Bis-GM, 0,02 ml TEGDMA, 0,02 gram UDMA, 0,09 gram Champrpquinone, sehingga diperoleh adonan nanosisal komposit dan kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan disinari, dengan *visible light cure*

selama 40 detik. Nanosial komposit volume *filler* 60 wt%, 65 wt%, 70 wt% yang telah keras disebut sebagai kelompok A, B dan C.

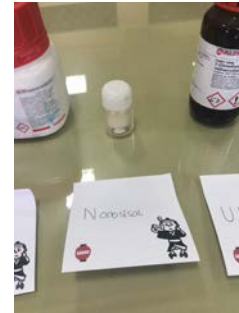
Nanofiller komposit diambil dari tube dengan menggunakan plastis instrumen, dimasukkan dalam cetakan dan disinari dengan *visible light cure* selama 40 detik, sehingga resin mengeras dan disebut sebagai kelompok D. Keempat kelompok resin kemudian diberi tanda pada bagian tengah sampel untuk pengujian kekuatan tekan dengan menggunakan *Universal Testing Machine*.



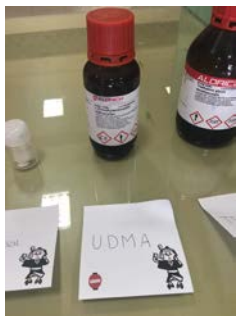
Gambar 4. Champorquinon



Gambar 5. Bis-GMA



Gambar 6. Nanosial



Gambar 7. UDMA



Gambar 8. Cetakan Resin Komposit



Gambar 9. Resin Komposit 3M Z350

3. Uji Mekanis Kekuatan Tekan

Kelompok A, B, C dan D dilakukan uji kekuatan tekan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) Mettler Toledo AL 204. Hasil cetakan diletakkan pada bagian tengah UTM kemudian beban diberikan pada bahan atas dengan posisi hasil cetakan vertikal dengan kecepatan 1mm/menit. Data yang didapatkan berupa kgf kemudian dirubah kedalam MPa dengan rumus :

$$R_c = F \times 9,807/A$$

Keterangan :

R_c : kekuatan tekan (MPa)

F : gaya maksimal (kgf)

A : Luas area dasar sampel (πr^2)

9,087 : Gravitasi (Klymus *et al.*, 2007)



Gambar 10. *Universal Testing Machine*



Gambar 11. Pengukuran Kekuatan Tekan

HASIL

Berikut ini tabel hasil dari uji kekuatan tekan dari masing-masing sampel :

Hasil Uji Mekanis Kekuatan Tekan Resin Komposit Seluruh Kelompok.

Tabel 1. Hasil uji kekuatan tekan resin komposit dalam MPa

	Wt 60% (MPa)	Wt 65% (MPa)	Wt 70% (MPa)	Z350 (MPa)
1	65.11	53.79	12.12	2.83
2	55.20	22.12	13.64	1.42
3	23.64	6.50	20.97	14.15
4	25.48	13.64	17.55	28.31
5	77.85	27.04	9.91	2.83

Berdasarkan data penelitian yang telah didapatkan pada table 3, menunjukkan nilai kekuatan tertinggi untuk volume *filler* 60 wt% adalah 77,85Mpa, volume 65 wt% adalah 53,79 MPa, volume 70 wt% adalah 20,97MPa dan Z350 sebesar 28,31Mpa.

Keseluruhan nilai hasil uji kekuatan tekan yang didapatkan kemudian dilakukan uji normalitas menggunakan ketentuan berdasarkan sampel yang dipakai, karena sampel yang dipakai kurang dari 50 sampel, maka uji normalitas menggunakan uji *Saphiro Wilk* kemudian dilakukan uji *homogeneity Levene* untuk mengetahui variansi data.

Setelah dilakukan uji normalitas diketahui bahwa sebaran data normal, namun variansi data tidak sama maka uji selanjutnya yang dapat dilakukan yaitu uji statistic nonparametric *Kruskal Wallis*.

Hasil Uji Statistik Non-Parametrik *Kruskal Wallis* Pengaruh Volume *Filler* WT% Terhadap Kekuatan Tekan Resin Komposit.

Tabel 2. Uji Statistik Nonparametrik *Kruskal Wallis*

	Grup	N	Rata-rata (MPa)
Uji Kekuatan Tekan	60%	5	16.80
	65%	5	10.70
	70%	5	7.10
	Resin Komposit 3M Z350	5	7.40
	Total	20	

Tabel 3. Uji Statistik

	Uji Kekuatan Tekan
Chi-Square	8.707
Df	3
Asymp. Sig.	.033

Tabel diatas menunjukkan bahwa hasil uji *Kruskal Wallis* diperoleh nilai rata-rata kekuatan tekan setiap kelompok dengan nilai terbesar kelompok sampel volume *filler* 60 wt% (16,80) dengan signifikansi sebesar 0,033 ($p < 0,05$), maka dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat perbedaan kekuatan tekan yang bermakna antara kelompok resin komposit nanosisal volume *filler* 60 wt%, 65 wt%, 70 wt% dan resin komposit Z350.

Tabel 4. Hasil Uji Statistik Nonparametrik *Mann-Whitney*

Variabel	Variabel			
	60wt%	65wt%	70wt%	Z350
60wt%	-	0,076	0,009	0,028
65wt%	0,076	-	0,295	0,347
70wt%	0,009	0,295	-	0,917
Z350	0,028	0,347	0,917	-

Uji statistik nonparametrik *Mann-Whitney* dilakukan untuk melihat apakah terdapat perbedaan kekuatan tekan yang bermakna antar kelompok sampel. Dari data hasil analisis pada tabel 9 dapat disimpulkan bahwa sampel dengan volume *filler* 60wt% memiliki perbedaan yang bermakna dengan sampel dengan volume *filler* 70wt% dengan $p = 0,009$ ($p < 0,05$) dan sampel resin komposit *nanofiller* dengan $p=0,028$ ($p < 0,05$), sedangkan sampel yang lain tidak memiliki perbedaan yang bermakna.

PEMBAHASAN

Sampel yang memiliki volume *filler* 60 wt% memiliki kekuatan tekan yang lebih besar dibandingkan dengan sampel resin komposit *nanofiller* 3M Z350. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Samuel, *et al.*, (2012) yang membandingkan kekuatan mekanis resin komposit serat alami dengan *glass fiber* dengan hasil resin komposit serat alami yang berasal dari sisal memiliki kekuatan tekan yang lebih besar dibandingkan dengan *glass fiber*.

Beberapa hal yang mungkin menyebabkan resin komposit nanosisal memiliki kekuatan tekan lebih besar dibandingkan dengan resin komposit *nanofiller* antara lain, yaitu :

1. Ikatan yang terbentuk antara serat alami dan matriks lebih kuat.

Proses awal pembuatan nanosisal sangat mempengaruhi sifat mekanis dari resin komposit. Pada penelitian ini dilakukan *scouring* yang dalam prosesnya juga termasuk perlakuan alkalisasi. Serat alami itu sendiri memiliki kandungan kelompok gugus *hydroxyl* yang dapat membentuk ikatan hydrogen. Ikatan hydrogen tersebut dapat mempengaruhi stabilitas dimensi dari serat alami. Hal ini akan menyebabkan ikatan yang lemah antara resin dengan matriks (Ilomäki, 2011). Menurut Li, *et al.*, (2007), alkalisasi atau mercerisasi dapat memecah ikatan hydrogen pada struktur jaringan tersebut sehingga akan meningkatkan kekasaran permukaan. Perlakuan alkalisasi ini terbukti dapat meningkatkan kekuatan mekanis dari serat alami.

2. Ketidakseimbangan jumlah *coupling agent* pada resin komposit *nanofiller*.

Silane adalah promotor adhesi yang mengandung dua fungsi reaktif yang berbeda yang dapat bereaksi dan berpasangan dengan variasi material organik dan anorganik. Silane digunakan untuk memperkuat ikatan bahan yang berbeda. Kelompok fungsional yang dapat terhidrolisis akan bereaksi dengan gugus hidroksil pada permukaan substrat anorganik dan akan membentuk ikatan siloxane (Si-O-Si). Kelompok fungsional organik yang tidak dapat terhidrolisis bersamaan dengan ikatan rangkap C=C dapat berpolimerisasi dengan monomer komposit resin yang mengandung ikatan ganda. Hal ini dapat diasumsikan bahwa harus ada keseimbangan antara jumlah gugus hidroksil substrat anorganik dengan kelompok fungsional yang dapat terhidrolisis dalam silan tersebut (Zaghloul, *et al.*, 2014). Apabila jumlah silane yang terkandung dalam resin komposit *nanofiller* tidak seimbang, maka penyaluran tekanan dari matriks ke *filler* tidak akan berjalan dengan baik sehingga resin komposit menjadi mudah pecah.

Sampel dengan volume 60wt%, 65wt% dan 70wt% masing-masing memiliki rata-rata kekuatan tekan secara berurutan sebesar 16.80 MPa, 10.70 MPa, dan 7.10 MPa. Dari data tersebut dapat disimpulkan rata-rata kekuatan tekan tertinggi adalah kekuatan tekan pada sampel nanosisal dengan volume 60wt%. Hal ini didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh (Chikkol, *et al.*, 2010) yang membandingkan serat sisal dengan kandungan *filler* 50wt% dan 60 wt%. Hasilnya didapatkan bahwa nanosisal dengan volume *filler* 60wt% memiliki daya serap air yang lebih rendah dibandingkan serat dengan volume 50 wt%. Hal ini mungkin terjadi karena kompatibilitas yang lebih tinggi antara serat hidrofilik dan matriks komposit pada volume *filler* 60wt%. Menurut Betan *et al.*, (2014), peningkatan sifat mekanis diakibatkan karena adanya ikatan *adhesive* yang sempurna antara *filler* dan matriks sehingga tekanan yang

di transferkan ke dalam matriks mampu ditahan dengan baik. Namun, semakin tinggi *filler* yang dikandung oleh suatu resin komposit, maka transfer tegangan dari matriks ke *filler* pun akan berkurang. Hal ini dapat disimpulkan bahwa jumlah volume optimum *filler* yang dapat diterima oleh matrik dalam resin komposit nanosisal adalah sebesar 60wt%.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian pengaruh jumlah volume *filler* wt% terhadap kekuatan tekan resin komposit nanosisal, dapat disimpulkan bahwa :

1. Volume *filler* wt% berpengaruh terhadap kekuatan tekan resin komposit nanosisal.
2. Terdapat perbedaan kekuatan tekan antara resin komposit nanosisal volum *filler* 60wt%, 65wt%, 70wt% dan resin komposit *nanofiller*.
3. Resin komposit dengan volume *filler* 60wt% memiliki kekuatan tekan paling besar diantara ketiga kelompok lainnya.
4. Jumlah volume optimum *filler* yang dapat diterima oleh matrik agar dapat menghantarkan tegangan dengan baik adalah sebesar 60wt%.

A. Saran

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh pemberian *coupling agent* terhadap kekuatan tekan resin komposit nanosisal.
2. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya cetakan resin komposit dibuat dengan desain yang dapat memudahkan saat dilakukan pengisian dan pelepasan resin komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- Betan, A. D., Sonief, A. A., & Soenoko, R. (2014). Pengaruh Persentase Alkali pada Serat Pangkal Pelepah Daun Pinang (*Areca Catechu*) terhadap Sifat Mekanis Komposit Polimer, *5*(2), 119–126.
- Bharathidhasan, N., Thanigaivelan, S., & Suresh, R. (2014). Sisal Fiber / Glass Fiber Hybrid Nano Composite : The Tensile and Compressive Properties. *5th International & 26th All India Manufacturing Technology, Design and Research Conference (AIMTDR 2014) December 12th–14th, 2014, IIT Guwahati, Assam, India*, (Aimtdr), 1–6.
- Chikkol, S. V., Bennehalli, B., Kenchappa, M. G., & Ranganagowda, R. P. G. (2010). Flexural Behaviour Of *Areca* Fibers Composites
- Gladwyn, M., & Bagby, M. (2009). *Clinical Aspects of Dental Materials* (3rd ed.). China: Lippincott Williams & Wilkins.
- Ilomäki, K. (2011). i KIRSTI ILOMÄKI ADHESION BETWEEN NATURAL FIBERS AND THERMOSETS Master Thesis.
- Jonathan, W. D. C. (2012). *Effects of Zirconate Coupling Agents on Resin Modified Composites Bonding to Zirconia Surfaces*.
- Kusumastuti, A. (2009). Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer. *Jurnal Kompetensi Teknik*, *1*(1), 27–32.
- Mc Cabe, J. F., & Walls, A. W. G. (2008). *Applied Dental Materials* (9th ed.). UK: Blackwell Publishing.

- Moustafa, E., Noah, A., Beshay, K., Sultan, L., Essam, M., & Nouh, O. (2015). Investigating the Effect of Various Nanomaterials on the Wettability of Sandstone Reservoir, (August), 116–126.
- O'Brien, W. J. (2002). *Dental Materials and Their Selection* (3rd ed.). Quintessence Publishing.
- Samuel, O. D., Agbo, S., & Adekanye, T. A. (2012). Assessing Mechanical Properties of Natural Fibre Reinforced Composites for Engineering Applications, *2012*(August), 780–784.
- Sintawati, J., Soemarto, H. S., & Suharsini, M. (2008). KEKUATAN GESER RESTORASI RESIN KOMPOSIT PADA EMAIL GIGI TETAP, *15*(4), 97–103.
- Thomaidis, S., Kakaboura, A., Mueller, W. D., & Zinelis, S. (2013). Mechanical properties of contemporary composite resins and their interrelations. *Dental Materials*, *29*(8), e132–e141. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.04.025>
- Velmurugan, R., & Manikandan, V. (2005). Mechanical properties of glass / palmyra fiber waste sandwich composites, *12*(December), 563–570.
- Vinod, N. J. V. (2013). Comparative Evaluation of Compressive Strength and Flexural Strength of Conventional Core Materials with Nanohybrid Composite Resin Core Material an in Vitro Study. *J Indian Prosthodont Soc*, *13*(3), 281–289. <https://doi.org/10.1007/s13191-012-0236-4>
- Wambua, P., Ivens, J., & Verpoest, I. (2003). Natural fibres: Can they replace glass in fibre reinforced plastics? *Composites Science and Technology*, *63*(9), 1259–1264. [https://doi.org/10.1016/S0266-3538\(03\)00096-4](https://doi.org/10.1016/S0266-3538(03)00096-4)
- Xu, J., Cong, L., & Li, Y. (n.d.). Fabrication and mechanical properties of short sisal fiber reinforced composites used for dental application. *18TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPOSITE MATERIALS*, 1–5.
- Zaghloul, H., Elkassas, D. W., & Haridy, M. F. (2014). Effect of incorporation of silane in the bonding agent on the repair potential of machinable esthetic blocks. *Eur J Dent*, *8*(January-March 2014), 44–52. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4054031/?report=reader>