

NASKAH PUBLIKASI

**PENGARUH JUMLAH VOLUME *FILLER* WT% TERHADAP KEKERASAN
RESIN KOMPOSIT NANOSISAL**

Fadilah Hepy Hapsari¹, Dwi Aji Nugroho²

Program Studi Pendidikan Dokter Gigi UMY

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

Abstract

Background : Composite resins comprising an matriks, filler, and coupling agent. Initially, the filler used for the composite is derived from the quartz material. However, the glass material in the composite resin has some drawbacks, the production of glass is highly dependent on fossil fuels, it is non-degradable, nonrenewable. Therefore, now began to be pursued the use of natural fiber composite resin as a substitute for glass material such as sisal fiber (Agave sisalana).

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

Methods: This type of research is a laboratory experimental study. The research samples used cylindrical mold with diameter of 5mm and height 2mm. 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 Z350 filtek nanofiller composite resin. The sample was tested for hardness using micro vickers. 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 10.8 VHN, 65 wt% filler volume is 20.4 VHN, 70 wt% filler volume is 13,8 VHN and Z350 composite resin is 44.6 VHN. Result of non-parametric statistic test Kruskal Wallis known value $p = 0,001 \rightarrow p < 0,05$ ($p = 0,001 < 0,05$).

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

Key words : sisal, composite resin, hardness, nanofiller

Intisari

Latar Belakang : Resin komposit terdiri atas matriks, *filler* dan *coupling agent*. Pada awalnya, *filler* yang digunakan untuk komposit berasal dari material quartz . Namun, material glass pada resin komposit memiliki beberapa kekurangan antara lain produksi material glass sangat tergantung pada bahan bakar fosil, material glass bersifat non-degradable, tak terbarukan. Oleh karena itu, sekarang mulai diupayakan penggunaan resin komposit serat alam sebagai pengganti material glass salah satunya adalah serat sisal (*Agave sisalana*).

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

Metode Penelitian : Jenis penelitian ini adalah eksperimental laboratoris. Sample penelitian adalah cetakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 5mm dan tinggi 2mm. Sample dibagi menjadi empat kelompok (A, B, C, D) dan setiap kelompok berjumlah lima sample. Kelompok A memiliki jumlah volume *filler* 60wt%, kelompok B *filler* 65 wt%, kelompok C *filler* 70 wt% dan kelompok D menggunakan resin komposit *nanofiller* filtek Z350. Sample diuji kekerasan dengan menggunakan alat *micro vickers*. Analisis data menggunakan uji *non-parametric Kruskal Wallis*.

Hasil Penelitian : Resin komposit dengan jumlah volume *filler* 60 wt% memiliki rata-rata kekerasan sebesar 10.8 VHN, resin komposit nanosisal 65% sebesar 20.4 VHN, resin komposit nanosisal 70% sebesar 13.8 VHN serta resin komposit *nanofiller* filtek Z350 sebesar 44.6 VHN. Hasil uji statistic *non-parametric Kruskal Wallis* diketahui nilai $p = 0,001 \rightarrow p < 0,05$ ($p = 0,001 < 0,05$).

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

Kata kunci : sisal, resin komposit, kekerasan, *nanofiller*

PENDAHULUAN

Resin Komposit berkembang sebagai bahan restorasi atau bahan tambal dikarenakan sifatnya yang tidak mudah larut, estetis, tidak peka terhadap dehidrasi, tidak mahal, dan relatif mudah untuk dimanipulasi, warnanya yang sama dengan warna gigi, tidak larut dalam cairan mulut sehingga membuat bahan ini lebih unggul dari pada semen silikat dan resin akrilik. Istilah bahan komposit dapat di definisikan sebagai gabungan dua atau lebih bahan berbeda dengan sifat-sifat yang unggul atau lebih baik dari pada bahan itu sendiri (Anusavice,2003).

Kandungan utama resin komposit adalah matriks resin dan *filler* (partikel pengisi) anorganik serta suatu bahan *coupling* (silane) yang diperlukan untuk memberikan ikatan antara *filler* dan matriks resin, juga aktivator-inisiator diperlukan untuk polimerisasi resin. Matriks resin digunakan untuk membentuk fisik resin komposit agar dapat diaplikasikan. Bis-GMA, urethan dimetakrilat (UEDMA), dan trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) adalah matriks resin yang umum digunakan dalam bahan resin komposit. *Filler* anorganik berperan terhadap kekuatan resin komposit. Bahan *coupling* atau *coupling agent* berfungsi untuk menyatukan matriks resin dan *filler* anorganik. Selain ketiga komponen tersebut, bahan tambahan lain ditambahkan dalam komposisi resin komposit yaitu aktivator-inisiator, penghambatan, penyerapan, *UV absorbent*, pigmen dan pembuat opak. Semakin besar volume *filler* yang digunakan pada resin komposit maka semakin besar pula kekuatan mekanisnya (Thomaidis, Kakaboura, Dieter, & Zinelis, 2013).

Partikel bahan pengisi resin komposit atau *filler* yang sekarang digunakan, berasal dari bahan anorganik, seperti silika koloidal, glass, quartz, barium, strontium, dan zirconium (Anusavice,2003). Komposisi *filler* yang biasa digunakan adalah glass. Akan tetapi material glass memiliki kelemahan yang sangat serius. Glass diproduksi dengan proses energi dan sangat bergantung dengan bahan bakar fosil yang digunakan sebagai bahan produksinya. Glass bersifat non biodegradable, tak dapat diperbaharui, dan memiliki dampak lingkungan yang buruk seperti hal emisi polutan (Joshi, Drzal, Mohanty, & Arora, 2004; Wambua, Wambua, Ivens, & Verpoest, 2003). Oleh karena itu, serat alam

sebagai bahan penguat dalam komposisi matriks polimer menjadi perhatian peneliti karena memiliki potensial yang tinggi untuk menggantikan sintesis bahan penguat seperti glass (Ahmad, 2011)

Di bidang kedokteran gigi penggunaan serat (*fiber*) alam masih jarang digunakan, salah satu jenis serat alam yang dapat dikembangkan adalah serat sisal (*Agave sisalana*), namun saat ini penggunaan sisal masih sangat terbatas pada bisang pertanian dan keluatan. Serat sisal biasa digunakan pada pembuatan benang, tali, tikar, bahan pelapis, jala ikan, serta barang kerajinan seperti hiasan dinding dan dompet (Kusumastuti, 2009).

Sisal merupakan salah satu serat alam yang paling banyak digunakan dan paling mudah dibudayakan. Serat sisal merupakan penguat yang menjanjikan untuk digunakan sebagai komposit karena harganya yang murah, densitasnya yang rendah, kekuatan spesifik dan modulusnya yang tinggi, tanpa resiko kesehatan serta tersedia melimpah dan merupakan bahan alam terbarukan. Serat sisal merupakan serat kertas yang dihasilkan dari tanaman sisal (*Agave sisalana*).

Resin komposit dapat diklasifikasikan menurut ukuran *filler*, viskositas dan polimerisasi. Berdasarkan ukuran *filler* yang digunakan, resin komposit dapat diklasifikasikan atas resin komposit *makrofiller*, *midifiller*, *minifiller*, *mikrofiller*, dan *nanofiller*. Resin komposit telah dikembangkan dengan ukuran *filler* yang lebih kecil yaitu *nanofiller* yang memiliki ukuran partikel antara 0,005-0,020 μm . Ukuran *filler* resin komposit yang *Nanofiller* sangat ideal untuk finishing, ketahanan aus, dan sifat mekanik (Bayne & Thompson, 2011).

Bionanocomposites merupakan material yang terbuat dari campuran antara polimer dan nanopartikel yang dapat diperbaharui (contohnya *cellulose whisker* dan *microfibrilated cellulose*) (Saxena, 2013). Dua material tersebut merupakan material organik yang dapat berikatan dengan baik..

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 sesuai dengan cetakan sampe uji *vicker hardness test* dengan diameter 5mm, dan tinggi 2mm.

1. Pembuatan nanosisal

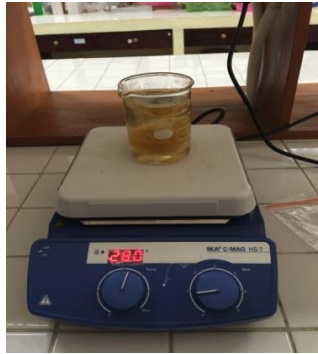
Serat sisal dipotong dengan *Tecator sample grinder* (Cyclotec-1093 mill sampel) sampai diperoleh partikel yang halus. Serat kemudian diberi perlakuan dengan menggunakan 4 wt% larutan natrium hidroksida pada suhu 80 °C dalam bak air selama 2 jam sambil diaduk menggunakan *mechanical stirring*. Perlakuan ini dilakukan sampai tiga kali untuk menghilangkan konstituen lain selain selulosa dari serat. Setelah masing-masing perlakuan, serat kemudian disaring dan dicuci dengan air suling sampai kandungan alkalinya hilang. Tahap selanjutnya adalah bleaching menggunakan larutan yang sama seperti buffer asetat (27 g NaOH dan 75 mL asam asetat glasial, diencerkan dengan 1 L menggunakan air suling) dan klorit cair (1,7 wt% NaClO₂ dalam air). *Bleaching* dilakukan pada suhu 80 °C selama 4 jam sambil diaduk menggunakan *mechanical stirring* dan diulang empat kali. Setelah masing-masing perlakuan, serat disaring dan dicuci dengan air suling. Serat kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam. Serat kering kemudian digiling hingga menjadi bubuk halus menggunakan penggiling Philips (HR2021-400 W).

Serat kering yang telah menjadi bubuk halus dilakukan hidrolisis asam pada suhu 50 °C dalam bak air, selama sekitar 50 menit dengan menggunakan asam sulfat 65 wt%, sambil diaduk dengan *mechanical stirring*. Kandungan bahan kimia pada semua perawatan serat berkisaran antara 5-6 wt%.

Untuk menghentikan reaksi, suspensi diencerkan dengan es batu. Kemudian dilakukan pencucian berturut-turut dalam centrifuge (Harrier 18/80 Refrigerated Centrifuge, Model MSB080.CR1.K) pada suhu 10 °C dan 5000 rpm selama 30 menit. Dialisis (SnakeSkin® lipit dialisis Tubing-3500 MWCO) terhadap air suling dilakukan untuk menghilangkan asam bebas dalam dispersi. Hal ini sudah diverifikasi dengan menentukan netralitas limbah dialisis. dispersi lengkap nano-whiskers diperoleh dengan cara sonikasi menggunakan Processor Cole-Parmer Ultrasonic (Model CP 505, 500 Watts). Dispersi kemudian disaring melalui No 1 fritted glass filter untuk menghilangkan sisa-sisa agregat, dan kemudian agar sisal di freeze-dried menggunakan Freeze Dryer (Flex-Dry™ μ P Microprocessor Control, FTS Systems, Inc., USA) sehingga diperoleh nanosisal semi padat.



Gambar 1. Serat sisal



gambar 2. Pengadukan dengan *Magnetic stirrer*

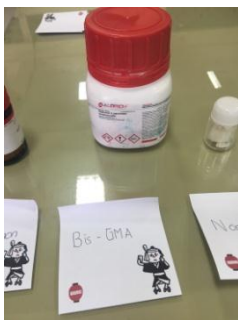


gambar 3. Proses *Scouring*

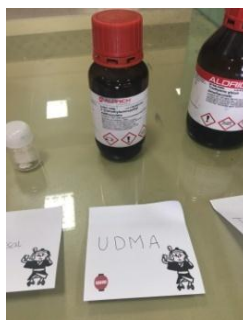
2. Pembuatan sampel nanosisal.

Nanosisal semi padat ditimbang dengan neraca digital sebesar 0,003 gram untuk kelompok 60 wt% , 0,005 gram untuk kelompok 65 wt% dan 0,007 gram untuk kelompok 70%. Masing-masing sisal dicampur dengan 0,5 gram Bis-GM, 0,02 ml TEGDMA, 0,02 gram UDMA, 0,09 gram Champorquinone, sehingga diperoleh adonan nanosisal komposit dan kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan disinari, dengan *visible light cure* selama 40 detik. Nanosisal 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 kekerasan dengan menggunakan alat *micro vickers*.



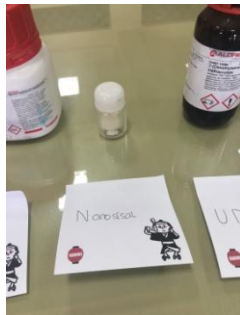
Gambar 6. Bis-GMA



Gambar 7. UDMA



gambar 8. Champorquinone



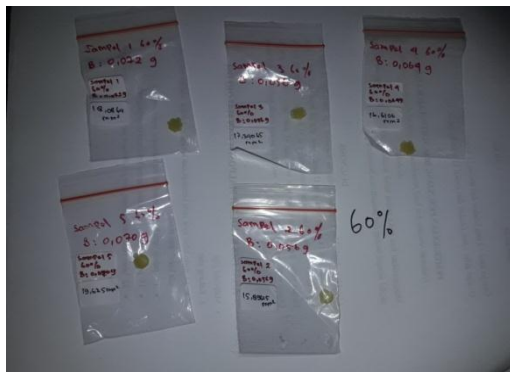
Gambar 9. Nanosisal



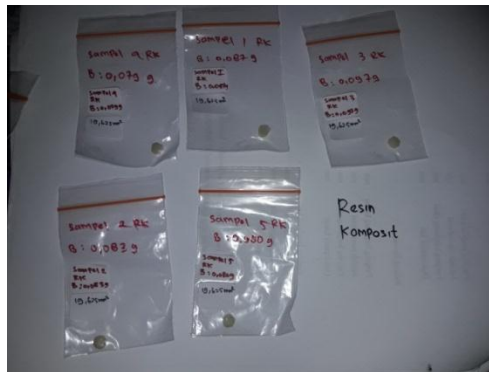
Gambar 10. Rk filtek z350



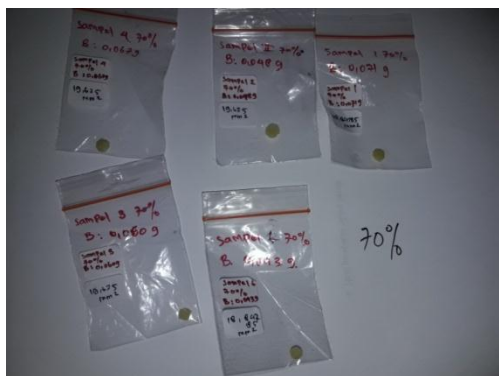
Gambar 11. Alat cetak



Gambar 12. RK Nanosisal 60 wt%



Gambar 13. Rk filtek z350



Gambar 14. RK nanosisal 70 wt%



Gambar 15. RK nanosisal 65 wt%

3. Uji Mekanis Kekerasan

Kelompok A, B, C dan D dilakukan uji kekerasan vickers dengan menggunakan alat *micro vickers*. Angka nilai kekerasan VHN (*Vickers Hardness Number*) yang didapatkan kemudian dihitung menggunakan rumus uji kekerasan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$HV = 1.854 \frac{F}{d^2} \text{ approximately}$$

Keterangan :

HV : Vickers Hardness number (kg/mm^2)

F : Tekanan (kgf)

d : Panjang diagonal rata-rata indentasi (mm)



Gambar 16. Alat uji Kekerasan *Micro Vickers*

HASIL

Berikut ini tabel hasil dari uji kekerasan dari masing-masing sampel :

Hasil Uji Mekanis Kekerasan Resin Komposit Seluruh Kelompok.

Tabel 1. Nilai uji kekerasan HV = 1,854.P/resin komposit nanosisal

Sampel	Kontrol 60%	65%	70%	
1.	30.33	13.33	14.33	13.00
2.	41.00	8.67	27.00	10.33
3.	47.67	10.00	19.33	15.67
4.	51.67	11.00	22.67	16.00
5.	52.33	11.00	18.67	14.00
Total	223.00	54.00	102.00	69.00
Rata-rata	44.6	10.8	20.4	13.8

Pada tabel 1. Terlihat bahwa nilai rata-rata resin komposit nanosisal mengalami perubahan dari 60%, 65%, dan 70%. Nilai kekerasan terendah terlihat pada kelompok sampel 60% kandungan nanosisal sebesar 10.8 VHN, sedangkan nilai kekerasan tertinggi pada kelompok kontrol 44.6 VHN.

Keseluruhan nilai hasil uji kekerasan 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 Kekerasan Resin Komposit.

Tabel 2. Uji Statistik Nonparametrik *Kruskal Wallis*

	Perlakuan	N	Mean Rank
Uji Kekerasan	60%	5	3.80
	65%	5	12.60
	70%	5	7.60
	Resin Komposit5		18.00
	Total		20

Tabel 3. Test Statistics(a,b)

	Uji Kekerasan
Chi-square	16.292
Df	3
Asymp. Sig.	.001
a. Kruskal Wallis Test	
b. Grouping Variable: Grup	

Tabel diatas menunjukkan bahwa hasil uji *Kruskall Wallis* diperoleh rata-rata kekerasan setiap kelompok dengan nilai terbesar kelompok sampel resin komposit Z350 (18.00) dengan hasil signifikansi sebesar 0.001 (<0.05), maka dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat perbedaan kekerasan yang bermakna antara kelompok sampel resin komposit nanosisal 60%, 65%, 70% dan resin komposit Z350.

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

Variabel	Variabel			
	60wt%	65wt%	70wt%	Z350
60wt%	-	0.047	0.347	0.009
65wt%	0.047	-	0.028	0.009
70wt%	0.347	0.028	-	0.009
Z350	0.009	0.009	0.009	-

Hasil Uji Statistik Non-Parametrik *Mann-Whitney* untuk Melihat Terhadap Perbedaan Kekerasan yang Bermakna Antar Kelompok Sampel. Hasil uji statistik nonparametrik *Mann-Whitney* dari tabel memperlihatkan terdapat perbedaan kekerasan yang bermakna antar kelompok sampel 60%, 65%, 70% dan resin komposit filtek Z350 karena semua sampel memiliki hasil dengan $p < 0,05$.

PEMBAHASAN

Dari hasil uji kekerasan *Vickers* didapatkan rata-rata kekerasan resin komposit *nanofiller* filtek Z350 sebesar 44.6 VHN. Kemudian pada resin komposit nanosisal 60% hasil uji kekerasannya sebesar 10.8 VHN, pada resin komposit nanosisal 65% mengalami kenaikan sebesar 20.4 VHN dan pada resin komposit nanosisal 70% mengalami penurunan sebesar 13.8 VHN.

Kekerasan adalah daya tahan material terhadap fraktur, yang merupakan indikasi dari berapa banyak jumlah energi yang dibutuhkan untuk menyebabkan fraktur (Craig et al., 2004). Kekerasan bergantung dengan kekuatan dan kelenturan. Semakin tinggi kekuatan dan kelenturannya (regangan plastis total) maka semakin besar kekerasannya sehingga suatu bahan yang keras umumnya kuat, walaupun suatu bahan yang kuat belum tentu keras (Anusavice, 2004). Kekerasan yang meningkat disebabkan oleh karena meningkatnya kandungan filler dalam resin komposit. Selain itu, peningkatan sifat mekanis disebabkan karena adanya ikatan adesive yang sempurna antara filler dan matriks sehingga tegangan yang ditransferkan ke dalam matrik mampu ditahan dengan baik. Salah satu sifat adhesi resin komposit adalah *Wetting agent* yang merupakan kemampuan resin untuk membasahi serat (penguat) yang terjadi akibat adanya interaksi antarmolekul dari kedua material tersebut, sehingga secara bersama-sama terjadi kontak antara fasa cair (*liquid*) dan permukaan fasa padat (*solid*). Proses awal pembuatan nanosisal sangat mempengaruhi hasil uji mekanis. Perlakuan alkali

dengan persentase dan waktu tertentu akan memberikan perubahan komposisi kimia serat seperti hemiselulosa, selulosa, lignin. Perbaikan struktur serat sangat diperlukan untuk meningkatkan ikatan antar serat dan matriks karena peningkatan dan penurunan komposisi kimia tersebut akan sangat berpengaruh ada kualitas serat (kekasaran permukaan) maupun sifat mekanis komposit.

Resin komposit nanofiller filtek Z350 memiliki kekerasan paling tinggi dibandingkan resin komposit nanosial 60%, 65%, dan 70% dikarenakan resin komposit filtek Z350 merupakan resin yang lebih kaku dan tidak lentur serta getas sehingga memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibanding dengan resin komposit nanosial 60%, 65% dan 70%. Resin komposit nanosial memiliki kekerasan yang lebih rendah tapi bersifat lebih elastis dibanding dengan resin komposit filtek Z350 (Agustinus Purna Irawan, Tresna P. soemardi, Agus H.S Reksoprodjo, 2010).

Pada penelitian ini konsentrasi filler dalam resin komposit nanosial adalah 60%, 65% dan 70%. Dari hasil penelitian konsentrasi filler pada resin komposit nanofiller didapatkan hasil bawa konsentrasi resin komposit nanosial 65% memiliki kekerasan tertinggi. Pada penelitian pembuatan resin komposit dengan konsentrasi filler antara 30-70% didapatkan hasil jika konsentrasi filler di antara 58-65% menunjukkan adanya peningkatan pada kekuatan mekanisnya dan memiliki sifat yang lebih unggul dibandingkan resin komposit dengan konsentrasi yang berbeda (Nunna, Chandra, Shrivastava, & Jalan, 2012). Kemudian penelitian oleh Pickering et al., (2016) filler dalam nanofiller berkisar antara 55-65 %, semakin tinggi kandungan filler semakin tinggi tingkat porositasnya. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian ini dimana konsentrasi resin komposit nanofiller 65% memiliki kekerasan tertinggi dan kekerasan menurun pada konsentrasi resin komposit nanofiller 70%. Pada resin komposit nanosial konsentrasi 70% terjadi penurunan kekerasan dikarenakan resin komposit akan sangat mudah mengalami deformasi oleh karena banyaknya jumlah porus antara filler dan matriks (Bonnia, Redzuan, & Shuhaimeen, 2016). Selain itu, terjadinya penurunan kekerasan resin komposit juga dapat diakibatkan karena kurangnya transver tegangan dari matrik ke kedua filler yang memiliki komposisi filler lebih banyak (Betan & As, 2014). Semakin tinggi kandungan filler dalam resin komposit nanosial maka tingkat porositas yang dihasilkan akan semakin tinggi. Serat nanosial memiliki potensi menyerap yang air yang tinggi sehingga menyebabkan degradasi jangka panjang (Pickering, Efendy, & Le, 2016).

Uji perhitungan menggunakan Kruskal Wallis memperlihatkan terdapat perbedaan terhadap kekerasan resin komposit nanosial 60%, 65%,70% dan resin komposit Z350. Perubahan angka pada resin komposit nanosial terjadi karena adanya penambahan konsentrasi filler dari 60% , 65% dan 70%. Uji statistik nonparametrik *Mann-Whitney* memperlihatkan terdapat perbedaan kekerasan yang bermakna antar kelompok sampel 60%, 65%, 70% dan resin komposit filtek Z350 karena semua sampel memiliki hasil $p < 0,05$.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian pengaruh jumlah volume *filler wt%* terhadap kekerasan resin komposit nanosial, dapat disimpulkan bahwa :

1. Penambahan konsentrasi filler resin komposit sebesar 60%, 65%, dan 70% berpengaruh terhadap kekerasan resin komposit nanosial.
2. Terdapat perbedaan kekerasan resin komposit nanosial anatara kelompok kontrol dan kelompok nanosial konsentrai 60%, 65% dan 70%.

SARAN

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh jumlah volume filler WT% terhadap kekerasan resin komposit nanosial dengan mengurangi konsentrasi filler nanosial untuk mengetahui kadar kekerasan maksimal pada resin komposit nanosial.
2. Untuk penelitian lebih lanjut sebaiknya dapat meneliti resin komposit nanohybrid dengan resin komposit berbahan sisal yang dibuat menjadi nanohybrid untuk melihat perbedaan sifat mekanisnya

DAFTAR PUSTAKA

- Agustinus Purna Irawan, Tresna P. soemardi, Agus H.S Reksoprodjo, W. K. (2010). Pengaruh Kekerasan dan Kekasaran Permukaan Prototipe Socket Prosthesis Terhadap Kenyamanan Pengguna. *Jurnal Teknik Mesin*, 7.
- Ahmad, essa esmail mohammad. (2011). The influence of micro- and nano- sisal fibres on the morphology and properties of different polymers, (December).
- Anusavice, K. j. (2004). *Philips buku ajar Ilmu Bahan Kedokteran Gigi* (Edisi 10). Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Bayne SC, Thompson JY, Taylor DF. Dental materials. In: Roberson TM, ed. *Sturdevant's art and science of operative dentistry*. 4th ed. St. Louis: Mosby, 2001:135-236.
- Betan, A. D., & As, A. (2014). Pengaruh Persentase Alkali pada Serat Pangkal Pelepeh Daun Pinang (Areca Catechu) terhadap Sifat Mekanis Komposit Polimer, 5(2), 119–126.
- Bonnia, N. N., Redzuan, A. A., & Shuhaimeen, N. S. (2016). Mechanical and morphological properties of nano filler polyester composites. *MATEC Web of Conferences*, 39(January). <https://doi.org/10.1051/mateconf/20163901008>
- Craig, R. G., Powers, J. M., & Wataha, J. C. (2004). *Dental Materials Properties and Manipulation* (Eighth edi). Philadelphia: Mosby.
- Darmawangsa, 2005, Pengaruh Sudut Bevel Terhadap Kekuatan Tarik Perlekatan Resin Komposit Sinar Tampak dan Enamel Gigi. *Tesis*, h 26-26.
- Joshi, S. V., Drzal, L. T., Mohanty, A. K., & Arora, S. (2004). Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites? *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 35(3), 371–376. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2003.09.016>
- Kusumastuti, A. (2009). Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 1(1), 27–32.
- Lameshow, Hosmer, Jr., Klar dan Luanga, 1997, Besar Sampel dalam Penelitian, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 2, 46, 80.
- Nunna, S., Chandra, P. R., Shrivastava, S., & Jalan, a. (2012). A review on mechanical behavior of natural fiber based hybrid composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 31(11), 759–769. <https://doi.org/10.1177/0731684412444325>
- Pickering, K. L., Efendy, M. G. A., & Le, T. M. (2016). A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 83, 98–112. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.08.038>
- Sano, H., Shono, T., Sonoda, H., Takatsu, T., Ciucchi, B., Carvalho, H., Pashley, D.H., 1994. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength (Evaluation of a Microtensile Bond Test). *J. Dent mater*; 3(10): 236-240
- Saxena, A. (2013). Nanocomposites based on nanocellulose whiskers, 182. Retrieved from <http://smartech.gatech.edu/handle/1853/47524>
- Thomaidis, S., Kakaboura, A., Dieter, W., & 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>