

**KARYA TULIS ILMIAH**

**PERBEDAAN GAMBARAN MIKROSKOPIS MATERIAL  
NANOFILLER KOMPOSIT, NANOSISAL KOMPOSIT, DAN  
NANOSISAL KOMPOSIT DITAMBAH DENGAN *COUPLING*  
*AGENT***

Disusun Untuk Memenuhi Sebagian Syarat Memperoleh Derajat Sarjana  
Kedokteran Gigi Pada Program Studi Pendidikan Dokter Gigi  
Fakultas Kedokteran Gigi  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun oleh:

**ROMI NAUFAL LUQMANA**  
20190340068

**PROGRAM STUDI KEDOKTERAN GIGI  
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2022**

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Romi Naufal Luqmana

NIM : 20190340068

Program Studi : Kedokteran Gigi

Fakultas : Kedokteran Gigi

Menyatakan dengan sebenarnya bahan Karya Tulis Ilmiah yang saya tulis ini benar merupakan hasil karya saya sendiri dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir Karya Tulis Ilmiah ini.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Karya Tulis Ilmiah ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Yogyakarta, 2 Desember 2022

Yang bertanda tangan di bawah ini,



Romi Naufal Luqmana

NIM : 20190340068

## **MOTTO**

”Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(Qs. Asy Syarh : 5-6)

“Janganlah kamu bersikap lemah dan janganlah pula kamu bersedih hati, padahal kamulah orang-orang yang paling tinggi derajatnya jika kamu beriman”

(Qs. Al-Imran : 139)

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kadar kesanggupannya”

(Qs. Al-Baqarah : 286)

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Puji syukur kepada Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang yang berkat rahmat serta karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini dengan baik. Karya Tulis Ilmiah ini merupakan bentuk dari usaha, ketekunan dan tanggung jawab penulis sebagai mahasiswa untuk dapat menyelesaikan studi S1, dengan Karya Tulis Ilmiah ini, penulis persembahkan untuk:

1. Allah SWT sebagai bakti penulis kepada-Nya dalam menuntut ilmu dan berjuang dijalan-Nya.
2. Kedua orang tua penulis sebagai tanda bakti dan kasih sayang penulis. Terimakasih atas segala dukungan, motivasi, dan doa-doa yang senantiasa mereka panjatkan untuk penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan perlindungan, usia yang panjang lagi berkah serta kebahagiaan dunia akhirat. Aamiin.
3. Dr. drg. Dwi Aji Nugroho, M.DSc selaku dosen pembimbing yang dengan penuh kesabaran membimbing, memberikan banyak ilmu dan menjadi teladan yang baik bagi penulis. Semoga Allah SWT selalu membalas kebaikan dan ketulusan beliau.
4. Teman-teman dan sahabat PSKG Angkatan 2019 yang senantiasa membantu dan mendoakan penulis selama penyusunan Karya Tulis Ilmiah.

## KATA PENGANTAR



Assalammu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT tak lupa solawat serta salam penulis panjatkan kepada nabi kita Muhammad SAW. Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan proposal Karya Tulis Ilmiah ini sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana Kedokteran Gigi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Proposal Karya Tulis Ilmiah yang berjudul “PERBEDAAN GAMBARAN MIKROSKOPIS MATERIAL *NANOFILLER* KOMPOSIT, NANOSISAL KOMPOSIT, DAN NANOSISAL KOMPOSIT DITAMBAH DENGAN *COUPLING AGENT*”, dapat terselesaikan tidak lepas dari dukungan serta bantuan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung dan membantu menyusun proposal ini.

1. Allah SWT yang telah memberi rahmat dan hidayah-Nya dan selalu memberikan pertolongan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini dengan baik.
2. Rasulullah Muhammad SAW yang telah membawa manusia dari zaman kegelapan menuju zaman terang yang penuh dengan ilmu pengetahuan, dan menjadi teladan bagi penulis untuk selalu menuntut ilmu dengan penuh semangat.
3. Kedua orangtua dan kakak-kakak dari penulis yang sangat sangat penulis sayangi, yang selalu memberikan do'a dan restu untuk kebaikan penulis,

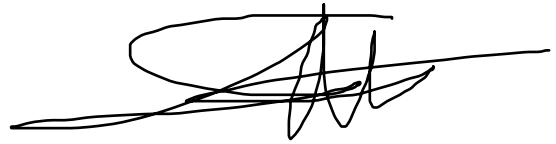
serta selalu memberikan semangat, motivasi, dan juga dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan KTI dengan baik.

4. Dr. dr. Hj. Sri Sundari, M.Kes., selaku Dekan Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Dr. drg. Dwi Aji Nugroho, M.DSc selaku Ketua Program Studi Kedokteran Gigi FKIK Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan selaku dosen pembimbing sangat sabar dalam memberikan bimbingan, mengajarkan banyak ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama penelitian dan penyusunan Karya Tulis Ilmiah.
6. Drg. Nia Wijayanti, Sp.KG dan drg. Yusrini Pasril, Sp. KG yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam penyusunan dan penulisan Karya Tulis Ilmiah ini, sehingga bisa terselesaikan dengan baik.
7. Mas Agit selaku laboran Laboratorium MMT UMY yang sudah banyak membantu saat penelitian.
8. Teman satu kelompok Karya Tulis Ilmiah penulis, Fadhil, Millen, Anzila yang telah berjuang, berusaha keras menyelesaikan, dan selalu memberikan semangat kepada penulis dalam penyusunan dan penulisan Karya Tulis Ilmiah.
9. Nadifa Salsabila selaku teman hidup penulis yang banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Karya tulis Ilmiah ini.
10. Grup Peleman laki-laki Kedokteran Gigi UMY 2019 yang sudah berjuang Bersama untuk menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah.

11. Seluruh teman-teman Kedokteran Gigi UMY 2019 yang saling mendukung dan mendo'akan agar Karya Tulis Ilmiah ini cepat selesai.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh.

Yogyakarta, 2 Desember 2022  
Yang membuat pernyataan

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

( Romi Naufal Luqmana )

## DAFTAR ISI

<b>KARYA TULIS ILMIAH.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN KARYA TULIS ILMIAH.....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>INTISARI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Tujuan Umum.....	6
D. Manfaat penelitian.....	6
E. Keaslian penelitian.....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>9</b>
A. Telaah Pustaka.....	9
B. Landasan Teori .....	24
C. Kerangka Konsep .....	27
D. Hipotesis.....	28
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
A. Desain Penelitian .....	29
B. Tempat Dan Waktu.....	29
C. Sampel Penelitian .....	29
D. Variabel Penelitian.....	30
E. Definisi Operasional .....	31
F. Alat Dan Bahan Penelitian .....	32
G. Jalannya Penelitian .....	35



H. Alur Penelitian.....	36
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>37</b>
A. Hasil Penelitian.....	37
B. Pembahasan.....	40
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>45</b>
A. Kesimpulan.....	45
B. Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>46</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>48</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sisal .....	18
Gambar 2. Chemical Bonding .....	23
Gambar 3. Gambaran SEM Resin Komposit Nanofiller Z350XT .....	37
Gambar 4. Gambaran SEM Resin Komposit Nanosisal .....	38
Gambar 5. Gambaran SEM Resin Komposit Nanosisal Ditambah Coupling Agent .....	39

## INTISARI

**Latar belakang:** Resin komposit nanofiller adalah bahan restorasi sewarna gigi yang memiliki bahan pengisi berukuran 0,1 sampai 100 nanometer. Partikel *filler* yang berukuran kecil dapat meningkatkan sifat fisik dan hasil pemolesan yang baik. Resin komposit memiliki kelemahan utama yaitu penyusutan polimerisasi (*polymerization shrinkage*). Diupayakan menggunakan serat alam sebagai pengganti bahan anorganik, yaitu sisal berukuran nano. Ikatan antara filler nanosisal dengan matriks resin dapat merekat dengan baik sehingga akan timbul ikatan mekanik, elektrostatis, dan kimia. *Coupling agent* ditambahkan agar dapat meningkatkan sifat mekanik dari sisal sebagai bahan penghubung untuk meningkatkan adhesi. **Metode:** Jenis penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian eksperimental laboratoris murni dan deskriptif. Pada penelitian ini jumlah sampel tiap kelompok ditentukan menggunakan rumus dari Daniel dan Terner. Sampel penelitian berjumlah 3 yang dicetak berbentuk kubus berukuran 1 cm x 1 cm x 1 cm. Kelompok A merupakan resin komposit nanofiller Z350XT, kelompok B merupakan resin komposit nanosisal, sedangkan kelompok C merupakan resin komposit nanosisal ditambah dengan *coupling agent*. Kemudian, sampel diuji menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). **Hasil:** Hasil gambaran mikroskopis dengan perbesaran 8000x didapatkan perbedaan pada resin komposit nanofiller, resin komposit nanosisal, dan resin komposit nanosisal 60% ditambah *coupling agent*. **Kesimpulan:** Terdapat perbedaan pada gambaran mikroskopis resin komposit nanofiller, resin komposit nanosisal, dan resin komposit nanosisal ditambah dengan *coupling agent*. **Kata kunci:** resin komposit nanosisal, gambaran mikroskopis, SEM

## ABSTRACT

**Background:** Nanofiller composite resin is a tooth-colored restorative material that has a filler material of 0.1 to 100 nanometers. Small size filler particles can improve the physical properties and good polishing results. Composite resins have a major disadvantage, namely polymerization shrinkage. Efforts are made to use natural fibers as a substitute for inorganic materials, namely nano-sized sisal. The bond between nanosisal filler and the resin matrix can stick well so that mechanical, electrostatic, and chemical bonds will arise. Coupling agent is added in order to improve the mechanical properties of sisal as a connecting material to improve adhesion. **Methods:** The type of research that will be conducted is a pure and descriptive laboratory experimental research. In this study, the number of samples for each group was determined using the formula of Daniel and Terror. The research samples were 3 which were printed in the form of a cube measuring 1 cm x 1 cm x 1 cm. Group A is Z350XT nanofiller composite resin, group B is nanosisal composite resin, while group C is nanosisal composite resin added with coupling agent. Then, the samples were tested using a Scanning Electron Microscope (SEM). **Results:** The results of microscopic images with a magnification of 8000x showed differences in nanofiller composite resins, nanocisal composite resins, and 60% nanocisal composite resins plus a coupling agent. **Conclusion:** There are differences in the microscopic appearance of nanofiller composite resins, nanocisal composite resins, and nanocisal composite resins plus a coupling agent.

**Keywords:** nanosisal composite resin, microscopic picture, SEM

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Bahan tumpat yang sering digunakan saat ini adalah resin komposit. Resin komposit dikembangkan dari bahan resin sintetik karena sifatnya yang tidak mudah larut, estetik, tidak mahal dan relatif mudah untuk dimanipulasi (Anusavice, 2003). Sistem komposit berbasis resin ini telah digunakan sebagai bahan untuk merestorasi gigi anterior dan gigi posterior (Anusavice *et al.*, 2013). Resin komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih material yang memiliki sifat dan struktur yang berbeda sehingga menghasilkan sifat yang lebih baik daripada senyawa tersebut berdiri sendiri (Salzmann, 1973).

Resin komposit adalah bahan restorasi sewarna gigi yang terdiri matriks resin, bahan pengisi (*filler*) dan *silane coupling agent*. Matriks resin berfungsi untuk membentuk sifat fisik dari resin komposit agar dapat diaplikasikan. Partikel *filler* merupakan bahan pengisi dari resin komposit yang berperan penting dalam meningkatkan kekuatan mekanis pada resin komposit, dan *silane coupling agent* berfungsi untuk menggabungkan ikatan antara matriks dan *filler* secara kimia (Anusavice *et al.*, 2013). Terdapat bahan tambahan lain pada resin komposit yaitu aktivator-inisiator, *inhibitor*, dan *modifier* optik. Aktivator-inisiator dan *inhibitor* berfungsi

dalam proses polimerisasi resin komposit, sedangkan *modifier* optik berfungsi untuk memberikan warna visual komposit (*shading*) dan translusensi agar memiliki estetika yang baik (Anusavice *et al.*, 2012)

Beberapa klasifikasi telah dibuat seiring berkembangnya resin komposit pada bidang kedokteran gigi. Klasifikasi dari resin komposit dapat dibedakan berdasarkan sifat aliran bahan, inisiasi reaksi polimerisasi, dan ukuran partikel bahan pengisi/*filler*. Berdasarkan sifat aliran bahan, resin komposit diklasifikasikan menjadi *flowable* yang memiliki viskositas rendah dan *packable* yang memiliki viskositas tinggi. Berdasarkan inisiasi reaksi polimerisasi resin komposit diklasifikasikan menjadi *chemical-cure* (secara kimiawi), *light-cure* (aktivasi menggunakan sinar), dan *dual-cure* (secara kimiawi dan menggunakan sinar). Berdasarkan ukuran partikel *filler*, resin komposit diklasifikasikan antara lain makrofiller (10 - 100 $\mu$ m), *small* partikel (0.1 - 10 $\mu$ m), *midifiller* (1 - 10 $\mu$ m), *minifiller* (0.1 - 1 $\mu$ m), *microfiller* (0.01 - 0.1  $\mu$ m), *nanofiller* (0.005 to 0.01  $\mu$ m) (Anusavice *et al.*, 2012).

Saat ini telah dikembangkan bahan restoratif resin komposit yang memiliki sifat fisik yang baik terutama dari segi pemrosesan dan kekuatannya yaitu resin komposit *nanofiller*. Jenis resin komposit ini dikembangkan menggunakan konsep nanoteknologi yang biasa digunakan untuk membentuk suatu produk yang dimensi kritis komponennya berkisar antara 0,1 sampai 100 nanometer (Basri *et al.*, 2017). Komponen pengisi dari resin komposit *nanofiller* mengandung kombinasi unik dari nanopartikel dan

*nanocluster* (Permatasari & Usman, 2008). Nanopartikel adalah partikel terpisah dan tidak berkelompok berukuran 20 nanometer. *Nanocluster* terdiri dari nanometer partikel yang dengan mudah untuk membentuk kelompok partikel. Kelompok partikel ini bertindak sebagai unit tunggal yang memungkinkan beban pengisi yang tinggi pada komposit ini. Kombinasi nanopartikel dan *nanocluster* akan mengurangi jumlah ruang interstisial antar partikel *filler*, sehingga dapat meningkatkan sifat fisik dan hasil pemolesan yang lebih baik dibandingkan resin komposit lainnya (Palwinder, 2011).

Resin komposit memiliki kelemahan utama yaitu penyusutan polimerisasi (*polymerization shrinkage*). Penyusutan polimerisasi ini dapat menyebabkan terbentuknya celah antara tumpatan dengan gigi (Ritter *et al.*, 2019). Celah antara restorasi dan gigi membuat bakteri, sisa makanan, atau saliva terjebak di celah tersebut. Kejadian ini dikenal dengan istilah *microleakage* (Sakaguchi & Powers, 2012). Celah yang terbentuk dapat mengakibatkan karies sekunder (Ritter *et al.*, 2019).

Diupayakan penggunaan resin komposit serat alam sebagai pengganti *material glass* (Wambua *et al.*, 2003). Pengganti yang tepat adalah serat alami yang ramah lingkungan dan tidak membahayakan kesehatan Anda. Salah satu serat alam yang dapat diproduksi adalah serat sisal (*Agave sisalana*) (Kusumastuti, 2009). Serat sisal memiliki densitas rendah, kekuatan spesifik dan modulus tinggi, tidak berbahaya bagi kesehatan, tersedia secara luas, merupakan bahan alam terbarukan, dan lebih murah

dibandingkan *material glass* (Munandar *et al.*, 2013). Hal itu juga sesuai dalam Al Quran dimana telah disebutkan pada surat ke 26 yaitu surat Asy-Syu'ara ayat 7 yang berbunyi:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya: “Dan apakah mereka tidak memerhatikan bumi, betapa banyak kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam (tumbuh-tumbuhan) yang baik?”.

Serat alam diharapkan menjadi pengganti bahan anorganik karena tingginya kekuatan tekan, berat rendah, dan lingkungan-hubungan persahabatan. Salah satu serat alam yang dapat dikembangkan adalah nanosisal karena serat kerasnya diproduksi dari tanaman sisal (*Agave sisalana*). Kelebihan dari serat sisal antara lain memiliki densitas yang rendah, kekuatan spesifik, modulus tinggi, dan penguat polimer yang efektif sehingga bisa digunakan sebagai komposit, tetapi sifat mekanis dan sifat fisik dari komposit serat sisal sangat sensitif terhadap metode proses, panjang serat, orientasi serat, dan fraksi volume (Kusumastuti, 2009). Serat sisal juga memiliki kandungan antibakteri seperti tanin, *alkaloid*, *flavonoid*, dan *saponin* (Ade-Ajayi *et al.*, 2011). Penggunaan serat sisal masih terbatas pada bidang kelautan dan pertanian, biasanya digunakan sebagai tali, benang, karpet, dan kerajinan tangan. (Nugroho DA. *et al*, 2017).

Sisal merupakan salah satu serat alam yang dapat dikembangkan dan memiliki sifat mekanik yang baik sebagai material *reinforced polymer* (Kusumastuti, 2009). Serat sisal yang digunakan dalam penelitian ini



dengan diameter 0,204 mm dibasahi dan dicampur dengan resin komposit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa campuran serat komposit resin sisal memiliki daya tekan dan daya tarik yang lebih tinggi dibandingkan komposit yang diperkuat serat gelas (Natarajan *et al* 2014). Penelitian ini akan menggunakan serat alam berupa sisal berukuran nano (*Agave sisalana*) yang digunakan sebagai *filler* resin komposit. Serat sisal yang diperoleh kemudian dibasakan terlebih dahulu dengan NaOH. Sisal tersebut diproduksi dalam skala nano melalui beberapa tahapan yaitu *scouring*, *bleaching* dan *ultrasonication*, sehingga diperoleh nanosisal/*cellulose whiskers* (Ahmad, 2011).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Betan *et al.*, 2014) bahwa ikatan antara *filler* nanosisal dengan matriks resin terjadi karena nanosisal dan polimer epoksi merupakan bahan organik, sehingga dapat merekat dengan baik. Ikatan yang terjadi pada permukaan adalah ikatan mekanik, ikatan elektrostatis, dan ikatan kimia. Cara untuk meningkatkan sifat mekanik serat alam, dapat ditambahkan bahan penghubung untuk meningkatkan ikatan adhesi. *Coupling agent* dapat mengubah permukaan hidrofilik serat menjadi hidrofobik sehingga mampu mencegah penyerapan air masuk ke serat dan ikatan matriks (Aki *et al.*, 2011). *Biphenol A diglycidyl ether* dapat berfungsi sebagai *coupling agent*, karena memiliki cincin epoksi yang bereaksi dengan bahan kimia yang memiliki struktur berbeda yang diaktifkan oleh atom hidrogen, seperti alkohol, amina, asam karboksilat dan lain-lain (In *et al*, 2005).

Penelitian ini akan membuat tumpatan resin komposit dengan komponen *filler* berupa sisal berukuran nano, yaitu resin komposit nanosisal dan resin komposit nanosisal yang ditambahkan dengan *coupling agent* dan dibandingkan dengan resin komposit *nanofiller* Z350XT. Penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui isi dari material resin komposit *nanofiller*, resin komposit nanosisal, resin komposit nanosisal dengan *coupling agent*. Penelitian ini akan mengamati gambaran mikroskopis resin komposit nanosisal, resin komposit nanosisal dengan *coupling agent*, dan resin komposit *nanofiller* Z350XT. Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui gambaran mikroskopis dari resin komposit nanosisal, resin komposit nanosisal dengan *coupling agent*, dan resin komposit *nanofiller* Z350XT.

#### **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka diperoleh rumusan masalah adalah bagaimana perbedaan gambaran mikroskopis *nanofiller* komposit, nanosisal komposit, dan nanosisal komposit dengan *coupling agent*?

#### **C. Tujuan Umum**

Penelitian ini bertujuan untuk untuk mengetahui perbedaan gambaran mikroskopis dari bahan *nanofiller* komposit, nanosisal komposit, dan nanosisal komposit dengan *coupling agent*.

#### **D. Manfaat penelitian**

1. Bagi Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah perbedaan gambaran mikroskopis resin komposit *nanofiller*, resin komposit nanosisal, resin komposit nanosisal komposit dengan *coupling agent*

## 2. Bagi Ilmu Pengetahuan

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terkait pengembangan serat alami sebagai alternatif pilihan bahan penguat resin komposit.

## 3. Bagi Dokter Gigi

Penelitian ini diharapkan memberikan informasi penggunaan serat alami sisal sebagai *filler* resin komposit.

### **E. Keaslian penelitian**

Penelitian tentang serat sisal terhadap resin komposit telah diteliti sebelumnya oleh beberapa peneliti. Pada penelitian (Nugroho *et al.*, 2017) yang berjudul “*Effects of filler volume of nanosisal in compressive strength of composite resin*” telah membandingkan perbedaan kekuatan tekan antara komposit dan volume *filler* nanosisal 60% wt, 65% wt 70% wt, dan *nanofiller* komposit 3M Z350 XT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel nanosisal komposit dengan volume *filler* 60% wt memiliki kekuatan tekan yang lebih baik jika dibandingkan dengan sampel nanosisal volume filler 65% wt, 70% wt, dan *nanofiller* komposit. Penelitian (Natarajan *et al.*, 2014) dengan judul “*Sisal Fiber/Glass Fiber Hybrid Nano Composite: The Tensile and Compressive Properties*” yang hasil penelitiannya menunjukkan bahwa serat sisal resin komposit mempunyai kekuatan tekan dan kekuatan tarik

lebih tinggi daripada *glass*. Persamaan dengan penelitian ini yaitu menggunakan serat sisal sebagai campuran resin komposit. Perbedaan dengan penelitian ini yaitu pada penelitian ini tidak dilakukan uji mekanis berupa uji kekuatan tarik perlekatan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Telaah Pustaka

##### 1. Resin komposit

###### a. Definisi

Resin komposit adalah salah satu bahan restorasi gigi yang paling umum digunakan karena memiliki daya tarik estetika yang tinggi dibandingkan dengan bahan restorasi gigi lainnya. Sifat mekanik resin komposit dipengaruhi oleh volume *filler*. (Nugroho *et al*, 2017) mengatakan bahwa semakin tinggi volume *filler*, semakin besar kekerasan, kekakuan, kekuatan, dan ketahanannya terhadap fraktur Resin komposit juga dapat diartikan sebagai kombinasi dari dua atau lebih bahan yang berbeda dengan sifat yang baik sehingga menghasilkan sifat yang lebih unggul dibandingkan dengan bahan itu sendiri. Resin komposit tidak larut, murah, estetis dan relatif mudah ditangani. resin komposit dapat berkembang sebagai bahan restorasi atau bahan *filler*. Bahan resin komposit polimer yang sama dapat mengeras melalui proses polimerisasi (Anusavice *et al.*, 2012).

## b. Komposisi

Resin komposit mengandung bahan utama yaitu matriks, *filler* anorganik dan *coupling agent (silane)* yang berfungsi untuk merekatkan matriks dan *filler*. Selain ketiga komponen tersebut, bahan tambahan lain juga ditambahkan pada komposisi resin komposit, yaitu *activator*, *inhibitor* dan *stabilizer*, *absorber* dan *absorber ultraviolet*.

### 1. Matriks Resin

Matriks resin digunakan untuk membentuk fisik resin komposit sehingga dapat diaplikasikan. BisGMA, *Urea Dimethacrylate (UEDMA)* dan *Triethylene Glycol Dimethacrylate (TEGDMA)* adalah resin matriks yang umum digunakan untuk bahan resin komposit (Thomaidis *et al.*, 2013). Komposisi ini memungkinkan resin komposit memiliki sifat tertentu. Biasanya komposisi yang dipilih adalah *dimethacrylate hydrophobic* dan *copolymer* karena dapat mengurangi terjadinya *shrinkage*, memiliki warna yang lebih stabil, dan memiliki sifat fisik yang lebih baik karena adanya ikatan silang (Albers, 2002). Sistem monomer dapat dilihat sebagai bagian utama dari sistem resin komposit. BisGMA merupakan monomer yang paling banyak digunakan untuk pembuatan resin komposit saat ini. semakin rendah berat

molekul rata-rata monomer atau kombinasi monomer, semakin tinggi persentase penyusutan polimerisasi. Karena resin ini sangat kental, untuk memfasilitasi proses pembuatan dan penanganan klinis, resin ini diencerkan dengan monomer viskositas rendah (berat molekul rendah) lainnya yang dianggap sebagai pengontrol viskositas, seperti *bisphenol A dimethacrylate* (BisDMA), *dimethacrylate of ethylene glycol* (EGDMA), *triethylene glycol dimethacrylate* (TEGDMA), *methyl methacrylate* (MMA) atau *urethane dimethacrylate* (UDMA) (Gracia, *et al.*, 2006).

## 2. *Filler*

Partikel *filler* memberikan stabilitas dimensi pada matriks resin lunak. Partikel *filler* yang digunakan dalam resin komposit berkisar dari ukuran kurang dari 0,04 hingga lebih dari 100. Partikel *filler* yang digunakan sangat bervariasi dalam komposisi kimia, morfologi, dan ukurannya. Partikel *filler* yang umum adalah kuarsa kristal, silika pirolitik, dan kaca seperti silikat aluminium litium, silikat aluminium barium, dan aluminium silikat stronsium. semua bahan ini memiliki kekerasan yang sangat baik, komposisi kimia dan indeks bias yang mirip dengan matriks resin yang umum digunakan. (Alberto,

2002). Bahan kuarsa di beberapa resin komposit digantikan oleh partikel logam berat seperti *barium*, *strontium*, seng, aluminium atau *zirconium* yang radiopak. *Filler* ditambahkan untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik dari matriks organik, jadi memasukkan bahan pengisi dalam persentase setinggi mungkin adalah tujuan utama. *Filler* dapat mengurangi keseluruhan koefisien ekspansi termal dan menyembuhkan penyusutan, memberikan efek radiopak dan meningkatkan hasil estetika (García *et al.*, 2006). Translusensi resin komposit harus memiliki warna yang sama dengan gigi untuk mendapatkan hasil estetik yang baik. BisGMA dan TEGDMA memiliki indeks bias 1,55 dan 1,46, ketika digabungkan mereka menghasilkan indeks bias sekitar 1,50. Beberapa kaca dan kuarsa yang biasa digunakan untuk bahan pengisi memiliki indeks bias 1,50, yang berarti dapat digunakan untuk menghasilkan estetika yang baik (Anusavice *et al.*, 2012).

### 3. *Coupling agent*

*Coupling agent* digunakan untuk membantu merekatkan matriks resin dan *filler* bersama-sama, biasanya disebut sebagai komponen perekat. Dalam resin komposit konvensional, bahan matriks dan partikel *filler*



berbeda dan tidak ada ikatan kimia di antara keduanya. *Coupling agent* dapat mengurangi hilangnya partikel *filler* dari permukaan resin komposit. Bahan penghubung yang umum digunakan adalah epoksi, vinil, dan metil silan. (Alberto, 2002). *Silane coupling agent* adalah bahan kimia yang ditambahkan pada resin komposit berbasis silikon yang terdiri dari dua jenis reaktif, yaitu anorganik dan organik. *Silane coupling agent* digunakan untuk merekatkan matriks dan bahan pengisi resin komposit. Faktor yang dapat mempengaruhi daya rekat bahan tersebut adalah hidrofilik. Air yang masuk ke permukaan resin komposit dapat merusak ikatan yang terjadi antara matriks polimer dengan bahan pengisi, sehingga harus ditambahkan *coupling agent* agar terjadi ikatan antara bahan anorganik dan bahan organik. Sifat fisik dan kimia dari *silane coupling agent* dapat meningkatkan kekuatan ikatan dan mencegah putusanya ikatan antar polimer saat menggunakan resin komposit (Prasetyo & Raharjo, 2013).

#### 4. Inhibitor dan stabilisator

Inhibitor dan stabilisator digunakan untuk mengurangi timbulnya polimerisasi prematur resin komposit, perlu untuk menambahkan komponen seperti 4-*metoksifenol* (MEHQ) dan *butylated hydroxytoluene*

(BHT) sekitar 0,1% (Alberto, 2002). Inisiator dan akselerator pada resin komposit dapat diaktifkan setelah *light cure*. Waktu yang dibutuhkan resin komposit untuk mengeras adalah sekitar 20-40 detik. Paparan fotopolimerisasi akan menyebabkan diketon bertindak sebagai inisiator dan amina organik sebagai akselerator (Anusavice, 2003).

c. Sifat-sifat

1. Sifat fisik

a. Penyusutan Polimerisasi

Penyusutan polimerisasi resin komposit terjadi ketika monomer diubah menjadi struktur polimer. Penyusutan polimerisasi bervariasi tergantung pada jenis resin sintesis. Resin komposit *nanofiller* merupakan jenis resin komposit dengan penyusutan polimerisasi minimal, sifat mekanik yang sangat baik, dan estetika yang sangat baik (Al Sunbul *et al.*, 2016).

b. Penyerapan Air

Resin komposit cenderung menyerap air. Penyerapan kelembaban menyebabkan pembengkakan matriks polimer dan kegagalan adhesi pengisi dan restorasi. Jenis dan jumlah monomer mempengaruhi laju penyerapan resin komposit. Monomer UDMA memiliki

penyerapan dan kelarutan yang buruk. Beban pengisian yang lebih tinggi menunjukkan penyerapan air yang lebih rendah (Garg & Garg, 2015).

c. Koefisien Muai Panas

Resin komposit memiliki koefisien muai panas kira-kira tiga kali lipat dari gigi. Koefisien ekspansi termal yang tinggi menyebabkan restorasi lebih mengembang dan berkontraksi dibandingkan struktur gigi saat suhu berubah. Hasilnya adalah celah antara gigi dan restorasi. Menambahkan *padding* dapat mengurangi inflasi dan deflasi (Garg & Garg, 2015).

d. Sifat mekanik

a. Kekuatan Lentur

Kekuatan lentur komposit adalah kemampuan komposit untuk menahan gaya tarik dan tekan di rongga mulut. Kekuatan lentur dapat ditingkatkan dengan menambahkan serat pada resin komposit (Martha *et al.*, 2010).

b. Kekasaran permukaan

Kekerasan komposit lebih rendah dibandingkan email. Kekerasan email adalah  $343 \text{ kg/mm}^2$  dan resin komposit adalah  $2280 \text{ kg/mm}^2$  (Sakaguchi &

Powers, 2012). Kuat Tekan Kuat tekan diperlukan untuk menahan beban mengunyah restorasi.

c. Kekuatan tekan

Kekuatan tekan resin komposit adalah 225 MPa (Sakaguchi & Powers, 2012). *Filler* berukuran nano memiliki kuat tekan yang lebih baik. Ukuran partikel nano memungkinkan penggunaan *filler charge* yang tinggi (Deepika *et al.*, 2011).

d. Klasifikasi resin komposit

Resin komposit dapat diklasifikasikan berdasarkan, viskositas, ukuran partikel *filler*, indikasi kegunaan dan cara polimerisasi nya.

1. Klasifikasi resin komposit berdasarkan viskositasnya

Berikut ini adalah beberapa jenis dari rein komposit berdasarkan viskositasnya, antara lain:

a. Resin komposit *flowable*

Komposit *flowable* umumnya memiliki kandungan *filler* yang lebih sedikit dan memiliki sifat fisik dan mekanis yang lebih rendah dibandingkan dengan resin komposit jenis lain yang memiliki kandungan *filler* lebih banyak (Heymann *et al.*, 2006). Resin komposit *flowable* memiliki ketahanan aus dan kekuatan yang lebih rendah daripada resin komposit *packable*. Selain itu, kejadian

*polymerization shrinkage* lebih tinggi pada resin komposit *flowable* (Chimello *et al.*, 2002).

b. Resin komposit *packable*

*Packable* merupakan suatu istilah yang digunakan untuk menyebut resin komposit pasta yang memiliki viskositas tinggi (Powers dan Sakaguchi, 2006). Viskositas yang tinggi pada resin komposit *packable* dapat memberikan efek lebih mudah dalam proses pengaplikasian resin pada kavitas. Namun, komposit *packable* juga memiliki kekurangan yaitu lebih sulit untuk mencapai adaptasi marginal yang optimal (Chimello *et al.*, 2002).

e. Bahan Adhesif

Resin komposit berikatan ke jaringan gigi melalui bahan perekat. Secara umum perbaikan struktur gigi dengan restorasi resin terdiri dari dalam 3 tahap, yaitu: etsa asam, primer, dan bonding, meskipun resin *self-adhesive* saat ini juga tersedia. Asam fosfat (pH = 1) adalah kimia yang paling banyak digunakan, etsa asam berfungsi untuk membuat permukaan yang tidak teratur pada email dan untuk meningkatkan energi bebas permukaan. Ketika bahan perekat yang mengandung resin diterapkan, resin menembus melalui aksi kapiler. Monomer resin mengering dan mengikat ke permukaan email. Mekanisme adhesi

resin-enamel primer adalah melalui pembentukan mikrotag resin pada permukaan email. Primer mengandung monomer yang berfungsi untuk memudahkan perlekatan resin komposit pada permukaan gigi. Bonding memiliki komponen hidrofobik dan berperan penting dalam menghasilkan ikatan antara dentin dan komposit (Powers, 2008).

## 2. Sisal



Gambar 1. Sisal (<https://en.m.wikipedia.org/wiki/Sisal>)

Tanaman sisal (*A. sisalana L.*) adalah tanaman yang batang dan daunnya menyatu, memiliki serat yang kuat, dapat hidup pada lahan yang lapisan olahannya tipis (banyak batu permukaan) atau tergolong lahan kritis. Kekuatannya lebih baik dibanding serat lainnya, serta tahan terhadap kadar garam tinggi (Basuki dan Verona, 2017). Serat sisal memiliki komposisi selulosa

78%, hemiselulosa 19%, lignin 8%, dll. Manfaat selulosa yang tinggi pada sisal bersifat kuat, berkristal molekul tanpa percabangan (Suryanto, 2016).

Sisal merupakan salah satu serat alam yang paling banyak digunakan dan paling mudah tumbuh. Sebagai bahan polimer penguat, serat sisal dapat digunakan sebagai basis penguat untuk prostesis resin akrilik karena sifat mekaniknya yang sangat baik, aplikasi yang mudah, dan sifat yang rendah. (Kusumastuti, 2009).

a. Komposisi Sisal

Tanaman sisal dapat menghasilkan 200.250 helai daun, setiap helai daun terdiri dari 1000-1200 ikat serat yang mengandung 4% serat, 0,75% kutikula, 8% bahan kering, dan 87,25% air. Sisal mengandung tiga jenis serat: mekanik, *ribbon*, dan *xylem*. Serat mekanik terutama diperoleh dari pinggiran daun. Serat mekanik adalah serat yang paling berguna dari sisal karena memiliki bentuk seperti tapal kuda dan hampir tidak terdegradasi selama proses ekstraksi. Serat *ribbon* dibentuk di tengah lembaran dan memiliki kekuatan mekanik yang agak lebih tinggi. Struktur jaringan *ribbon* sangat kuat dan merupakan bagian serat terpanjang. Dibandingkan dengan serat mekanik, dan serat *ribbon* lebih mudah dipisahkan, secara longitudinal selama pemrosesan. Serabut *xylem* memiliki bentuk tidak

beraturan dan terletak berseberangan dengan serabut pita. serabut *xylem* tersusun dari dinding sel yang tipis dan mudah rusak dan hilang selama ekstraksi (Ahmad, 2011).

Serat sintetis, serat ini dapat digunakan sebagai bahan pengisi alternatif komposit polimer. Keunggulan serat sisal sebagai bahan komposit adalah digunakan dalam industri otomotif, konstruksi, dan bahan pembuatan tali. Hal ini karena benang, karpet dan kerajinan jauh lebih murah dan lebih ramah lingkungan (Kusumastuti, 2009).

b. Proses pembuatan nanosisal

Proses Pembuatan nanosisal terbagi menjadi beberapa tahap diantaranya ada *scouring*, *bleaching*, dan ultrasonifikasi. Diawali dengan serat sisal yang di potong menggunakan *tecator sample grinder* hingga menjadi partikel kecil dan halus. Dilanjutkan dengan perendaman menggunakan larutan NaOH 4% pada suhu 80°C dan *beaker glass* hingga 2 jam sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*. Tahapan ini dilakukan sebanyak 3 kali dengan tujuan menghilangkan konstituen selain selulosa dari serta sisal. Pada setiap tahap dilakukan penyaringan serat sisal dan dibilas menggunakan air hingga kandungan basa hilang (Ahmad, 2011). Tahap kedua dilanjutkan dengan *bleaching* yang berguna untuk memutihkan serat sisal. *Bleaching* menggunakan larutan asetat *buffer* yang terdiri dari Natrium Hidroksida (NaOH) sebanyak 27



g, dan 75 mL asam asetat glasial, dan dicairkan dengan 1L air suling, selanjutnya dengan klorit cair (1,7wt% NaClO<sub>2</sub> dalam air). Tahap *bleaching* dilakukan dengan suhu 80°C hingga 4 jam sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* dan dilakukan sebanyak 4 kali. Pada setiap perlakuan dilakukan penyaringan dan pencucian dengan air suling. Serta sisal dilanjutkan dengan pengeringan pada oven selama 24 jam dengan suhu 60°C (Ahmad, 2011).

Tahap ketiga dilakukan penggilingan serat kering menggunakan *grinder* sampai menjadi bubuk yang halus. Dilanjutkan hidrolisis asam pada suhu 50°C dengan asam sulfat 65 wt% selama 50 menit sambil dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer*. Suspensi yang dihasilkan dilakukan pengenceran dengan es batu agar reaksi berhenti. Dilanjutkan dengan pencucian menggunakan sentrifugasi pada 10°C dengan kecepatan 5000rp hingga 30 menit. Dilakukan dialisis dengan air suling yang bertujuan untuk menghilangkan asam bebas pada dispersi. Tahap selanjutnya ultrasonifikasi dilakukan untuk mendapatkan *nano-whisker* yang sempurna dengan *Cole Palmer Ultrasonic Processor* kemudian dilakukan penghilangan sisa agregat pada disperse yang telah disaring menggunakan *fritted glass filter* No. 1, lalu serat dikeringkan dengan *freeze dryer* untuk mendapatkan nanosisal yang berwujud semi padat (Ahmad, 2011).

c. Ikatan Filler Nanosisal dengan Matriks Resin

Adhesi (ikatan bonding) didefinisikan sebagai adhesi antara dua bahan yang berbeda. Adhesi antara serat dan matriks berperan penting dalam sifat mekanik (Ilomaki, 2011). Ada beberapa ikatan yang dapat terjadi pada ikatan antar serat alam (nanosisal). Yaitu:

1. *Mechanical Bonding*

*Mechanical Bonding* adalah mekanisme ikatan yang mengunci antara dua permukaan resin dan serat kasar, tetapi beban harus sejajar dengan *interface*.

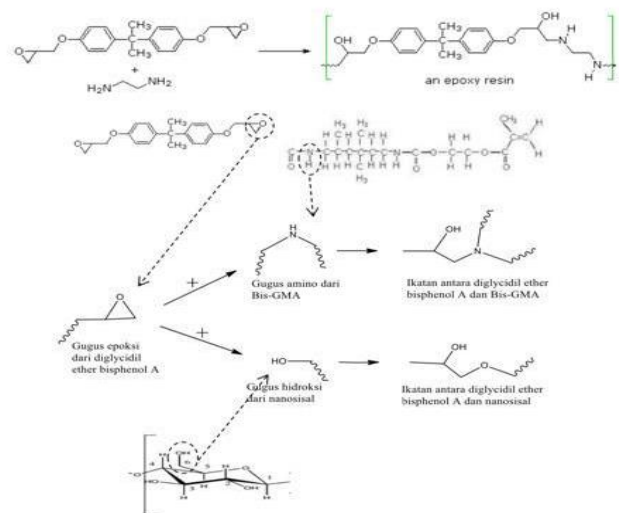
2. *Electrostatic Bonding*

*Electrostatic Bonding* terjadi karena gaya tarik menarik antara dua permukaan dengan muatan yang berbeda pada skala atom. Ikatan ini sangat ideal bila tidak ada gas di permukaan serat.

3. *Chemical Bonding*

*Chemical Bonding* dihasilkan dari adanya energi kimia. Ikatan ini berasal dari rangkaian ikatan kimia yang mempengaruhi luas penampang serat. Ikatan antara matriks organik BisGMA dan Nanosisal dapat dibentuk melalui promotor adhesi diglycidyl ether bisphenol. Ikatan ini dimediasi oleh gugus hidroksil (OH) dan gugus amina (NH). Gugus amina yang terkandung dalam bahan BisGMA

berikatan dengan gugus O pada diglisidil eter bisfenol membentuk ikatan kimia baru, sedangkan nanosisal memiliki gugus hidroksil (OH) yang membuka cincin diglisidil eter bisfenol. Reaksi antara ketiga molekul tersebut membentuk ikatan silang yang paling stabil (Meure *et al.*, 2010).



Gambar 2. Reaksi kimia antara nanosisal, diglycidil ether bisphenol A dan Bis-GMA (Annusavie *et al.*, 2013; Powers dan Sakaguchi, 2006; Meure *et al.*, 2010)

#### 4. Gambaran Mikroskopis

Gambaran mikroskopis pada resin komposit dapat diidentifikasi menggunakan beberapa metode, salah satunya yaitu *scanning electron microscope* (SEM). *Scanning electron microscope* merupakan jenis mikroskop elektron yang dapat menampilkan gambaran permukaan dan detail

sampel dengan resolusi tinggi (Diansari, 2018). SEM memiliki perbesaran 10 sampai 3.000.000 kali, kedalaman bidang 40 sampai 4 mm, dan resolusi 1 sampai 10 nm. Kombinasi perbesaran tinggi, kedalaman bidang yang dalam, resolusi yang sangat baik, dan kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat alat ini banyak digunakan untuk tujuan penelitian (Prasetyo, 2011).

## **B. Landasan Teori**

Resin komposit adalah bahan restorasi gigi yang paling umum digunakan karena memiliki daya tarik estetika yang tinggi dibandingkan dengan bahan restorasi gigi lainnya. Resin komposit terdiri dari 3 komponen utama yaitu matriks resin, bahan pengisi (*filler*) dan *silane coupling agent* didalam partikel *filler* yang berfungsi untuk membuat ikatan yang baik antara matriks dan *filler*. Selain ketiga komponen tersebut, bahan tambahan lain juga ditambahkan pada komposisi resin komposit, yaitu *activator*, *inhibitor* dan *stabilizer*, *absorber* dan *absorber ultraviolet*.

Resin komposit dibagi berdasarkan komposisi dan ukuran *filler* yaitu, resin komposit makrofiller, resin komposit mikrofiller, resin komposit hibrid, resin komposit *nanofiller*. Resin komposit *nanofiller* merupakan resin komposit nanoteknologi yang berukuran kurang lebih 0,1 sampai 100 nanometer sehingga memiliki sifat fisik yang lebih baik

dan membuat permukaan lebih halus dibandingkan jenis resin komposit lainnya.

*Filler* memberikan stabilitas dimensi pada matriks resin lunak. Partikel pengisi yang digunakan dalam resin komposit berkisar dari ukuran kurang dari 0,04 hingga lebih dari 100. Partikel *filler* yang digunakan sangat bervariasi dalam komposisi kimia, morfologi dan ukurannya. Partikel pengisi yang umum adalah kuarsa kristal, silika pirolitik, dan kaca seperti silikat aluminium litium, silikat aluminium barium, dan aluminium silikat strontium. Semua bahan ini memiliki kekerasan yang sangat baik, komposisi kimia, dan indeks bias yang mirip dengan matriks resin yang umum digunakan.

Resin komposit memiliki kekurangan yang hingga saat ini sulit untuk dihindari yaitu penyusutan polimerisasi. Penyusutan polimerisasi selalu terjadi saat proses polimerisasi resin komposit. Penyusutan polimerisasi menyebabkan terbentuknya celah berukuran mikro (*microleakage*) di antara restorasi dan gigi. Celah yang terbentuk berpotensi menimbulkan karies sekunder.

Sisal merupakan salah satu serat alam yang paling banyak digunakan dan paling mudah tumbuh. Sebagai bahan polimer penguat, serat sisal dapat digunakan sebagai basis penguat untuk prostesis resin akrilik karena sifat mekaniknya yang sangat baik, aplikasi yang mudah, dan sifat yang rendah. Serat sintesis, serat ini dapat digunakan sebagai

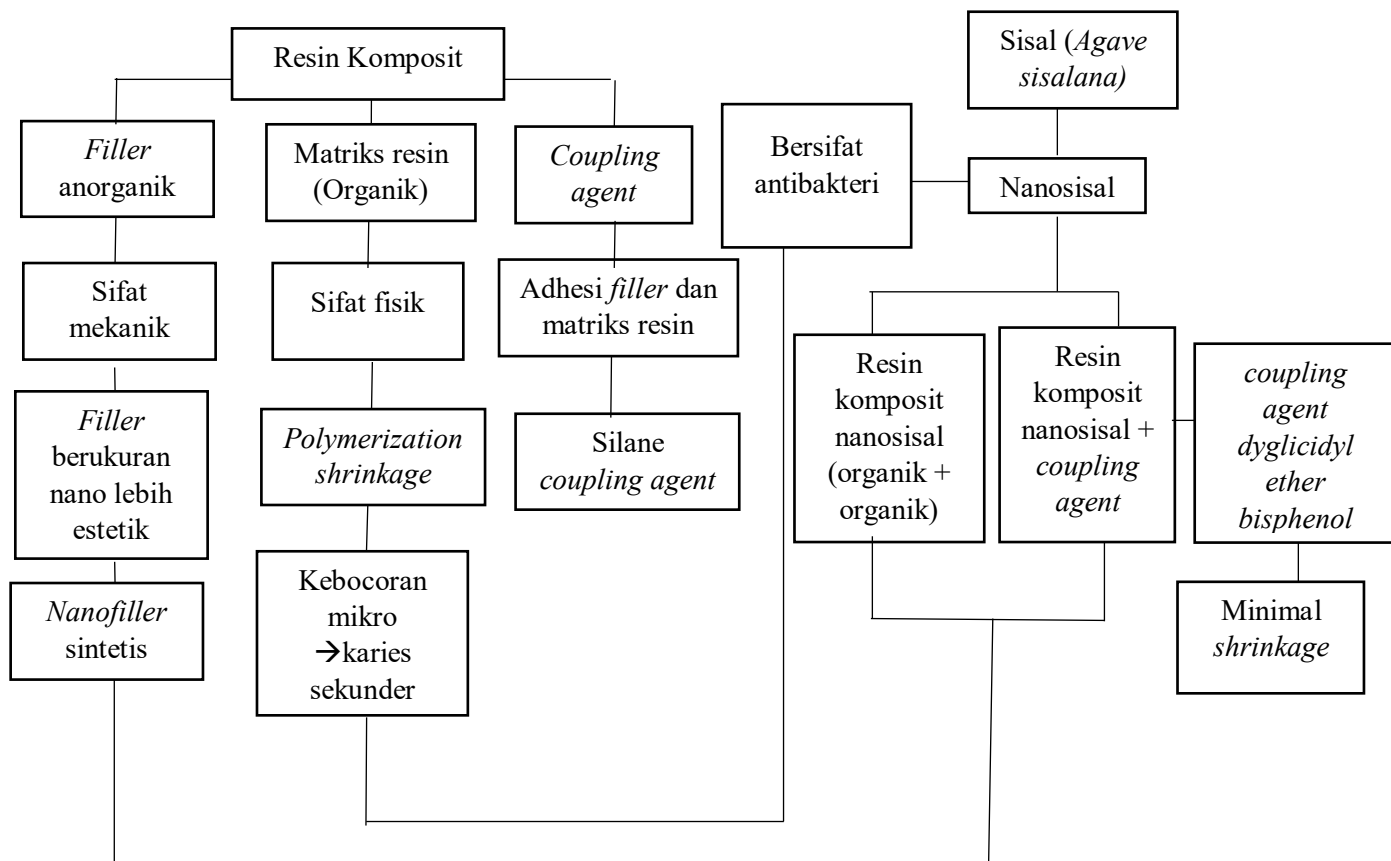
bahan pengisi alternatif komposit polimer. Kelebihan dari serat sisal yaitu memiliki kekuatan yang baik, densitas serat yang rendah, harganya lebih murah dibandingkan serat gelas, dan juga memiliki kandungan *alkaloid*, *flavonoid*, tanin, dan *saponin* yang mempunyai sifat antibakteri.

Karena epoksi adalah bahan organik, ikatan pengisi berskala nano terjadi di dalam matriks memungkinkan kedua bahan tersebut terikat dengan baik. Terjadi beberapa jenis ikatan pada *interface bonding* yaitu *mechanical bonding*, *electrostatic bonding*, dan *chemical bonding*. Untuk meningkatkan sifat mekanik dari serat alam dan juga *cross-linking* maka ditambahkan *coupling agent* agar dapat meningkatkan adhesi dari nanosisal *filler*.

Serat sisal merupakan bahan organik yang secara kimiawi dapat berikatan dengan matriks resin, tetapi penambahan bahan pengikat dapat memperkuat ikatan di antara keduanya. *Bisphenol Diglycidyl Ether* adalah pengikat untuk komposit skala nano yang dapat memberikan kekuatan selama polimerisasi dan meminimalkan penyusutan selama polimerisasi. Ikatan diprakarsai oleh gugus hidroksil (OH) dan amino (NH) dari bahan BisGMA. Gugus amino berikatan dengan gugus O dalam bisfenol dari diglisidil eter untuk membuat ikatan kimia baru, sedangkan gugus nanogate memiliki gugus hidroksil (OH) yang membuka cincin ke bisfenol dari diglisidil eter.

Penelitian ini akan meneliti tentang gambaran isi dari material resin komposit *nanofiller*, resin komposit nanosisal, resin komposit nanosisal dengan *coupling agent*. Penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui isi dari material resin komposit *nanofiller*, resin komposit nanosisal, resin komposit nanosisal dengan *coupling agent*. Penelitian ini akan mengamati gambaran mikroskopis resin komposit nanosisal, resin komposit nanosisal dengan *coupling agent*, dan resin komposit *nanofiller* Z350XT.

### C. Kerangka Konsep



#### **D. Hipotesis**

Terdapat perbedaan gambaran mikroskopis antara komposit nanosisal, komposit nanosisal ditambah *coupling agent*, dan komposit *nanofiller*.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. DESAIN PENELITIAN**

Jenis penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian eksperimental laboratoris murni dan deskriptif.

#### **B. TEMPAT DAN WAKTU**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari sampai bulan Maret 2022 di Laboratorium *Molecular Medicine and Therapy* (MMT) FKIK UMY

#### **C. SAMPEL PENELITIAN**

Pada penelitian ini jumlah sampel tiap kelompok ditentukan menggunakan rumus dari Daniel dan Terrer, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$n = \frac{Nz^2pq}{d^2(N - 1) + Z^2pq}$$

Keterangan rumus:

n : Jumlah sampel per kelompok

N : Jumlah populasi

Z : Nilai Z dengan Alpha 0,05, maka nilai Z = 1,96

p : Estimasi proporsi = 0,06

q : 1-p

d : Tingkat kesalahan Alpha = 0,05

N-1 : Faktor koreksi kesalahan

Berdasarkan rumus tersebut, maka perhitungan besar sampel penelitian didapatkan :

$$n = \frac{1 \times (1,96)^2 \times 0,06 \times (1 - 0,06)}{(0,05)^2 \times (0) + (1,96)^2 \times (0,06) \times (1 - 0,06)}$$

$$= \frac{0,21666624}{0,21666624}$$

$$= 1$$

Jumlah sampel yang digunakan berdasarkan perhitungan diperoleh besar sampel minimal 1 untuk setiap kelompok.

#### D. VARIABEL PENELITIAN

##### 1. Variabel pengaruh

- a. Jenis *filler*: *filler* 60% nanosisal dan *nanofiller* sintesis
- b. Jenis *coupling agent*: *Coupling agent* (Bisphenol A *Diglycidyl Ether*: D3415, Sigma)

##### 2. Variabel terpengaruh

Gambaran mikroskopis resin komposit *nanofiller*, resin komposit nanosisal, dan resin komposit nanosis

##### 3. Variabel terkontrol

- a. Jenis gigi: gigi premolar
- b. Jenis bahan: serat sisal (*Agave sisalana*)
- c. Jenis *visible light cure*: LED (Dentamerica Litex 695)
- d. Panjang gelombang sinar: 450 nm

- e. Lama penyinaran resin komposit: 40 detik
- f. Jarak penyinaran: 2 mm (selapis pita seluloid)
- g. Ukuran sampel (1 cm x 1 cm x 1 cm)<sup>3</sup>
- h. Perhitungan volume *filler* nanosisal

menggunakan rumus: Ppm berat (wt) = wt%

x berat jenis x 1000

Diketahui berat jenis sisal adalah 45 mg untuk

sampel 60%.  $Wt = 60\% \times 45 \times 1000 = 27.000$

$ppm = 2,7 \text{ mg/kg}$

$Wt = 2,7 \text{ mg/kg} = 0,0027 \text{ gr}$  à dibulatkan menjadi 0,003

gr

- 4. Variabel tak terkendali
  - a. Porositas

## **E. DEFINISI OPERASIONAL**

1. Resin komposit *nanofiller* FILTEK Z350 XT adalah resin komposit *nanofiller* restorasi anterior atau posterior. Resin ini mengandung BisGMA, UDMA, TEGDMA dan BisEMA. Filler pada resin ini berukuran 4 sampai 20 nm yang terdiri dari filler zirkonia 4 sampai 11 nm dan silikon dioksida 20 nm.
2. Resin komposit nanosisal adalah resin komposit sisal dengan volume *filler* 60% yang diolah sehingga diperoleh sisal berukuran nano yang digunakan sebagai *filler* dengan

resin matriks organik yang terdiri dari 0,5 g Bis GMA, 0,02 g. TEGDMA, 0,02 g UDMA dan 0,09 g *Champorquinone* dapat digabungkan bersama untuk membentuk resin komposit nanosisal. Ukuran partikel resin komposit nano *filler* adalah sekitar 11 sampai 33 nm.

3. Resin komposit nanosisal dengan *coupling agent* adalah resin yang terdiri dari komponen utama filler berukuran nano, matriks resin dan *coupling agent*. Komponen *coupling agent* yang digunakan untuk meningkatkan ikatan antara filler yang diaplikasikan dengan matriks resin adalah *bisphenol A diglycidyl ether*. Resin matriks organik terdiri dari 0,5 g Bis GMA, 0,02 g TEGDMA, 0,02 g UDMA dan 0,09 g *champorquinone*.
4. Gambaran mikroskopis merupakan cara untuk mengetahui komponen material pada suatu bahan dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscope*

## **F. ALAT DAN BAHAN PENELITIAN**

1. Alat Penelitian
  - a. *Scanning Electron Microscope* (SEM) : JSM-6510LA, JEOL Ltd.
  - b. *Visible Light Cure* (Dentamerica Litex 695 LED Pen-Type CuringLight)
  - c. *Magnetic stirrer* (IKA® C-MAG HS Hotplate Stirrers)

C-MAG HS7)

- d. *Micromotor* dan *handpiece*
- e. *Microbrush*
- f. *Threeway syringe*
- g. *Rubber bowl* dan spatula
- h. *Glass plate*
- i. Bur preparasi
- j. Bur *finishing* dan *polishing* resin komposit
- k. Bur *disc*
- l. Pinset
- m. Kondensor
- n. Plastik instrumen
- o. Sentrifugasi (HARRIER 18/80 Refrigerated Centrifuge, ModelMSB080.CR1.K)
- p. Timbangan digital (Mettler Toledo AL 204)
- q. Sonifikasi *Cole-Parmer Ultrasonic Processor* (Model CP 505, 500Watts)
- r. *Grinder*
- s. *Freeze dryer* (Flex-Dry™µP MicroprocessorControl, FTSSystems, Inc., USA)
- t. *Hair dryer*
- u. *Dialyzer* (SnakeSkin® Pleated Dialysis Tubing-3,500 MWCO)

## 2. Bahan Penelitian

- a. Serat sisal (*Agave sisalana*), Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (*Balittasa*), Malang, Indonesia.
- b. Resin komposit *nanofiller* sintetik (Z350 XT, 3M-ESPE)
- c. *Etch: Scotchbond Universal Etchant* (3M-ESPE, USA)
- d. *Bonding: Adper Single Bond 2 Adhesive* (3M-ESPE, USA)
- e. *Coupling agent (Bisphenol A Diglycidyl Ether: D3415*, Sigma)
- f. Ethanol
- g. NaOH 2,5 g (Emsure® 1.06498, Emd Millipore)
- h. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 50% (31642, Sigma-Aldrich)
- i. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 65wt% (339741, Aldrich)
- j. *Champroquinone* (124893, Aldrich)
- k. Aquades steril
- l. *Cavity cleanser*
- m. Bis-GMA (494356, Aldrich)
- n. TEGDMA (261548, Aldrich)
- o. UDMA (234907, Aldrich)

## G. JALANNYA PENELITIAN

### a. Pembuatan Sampel

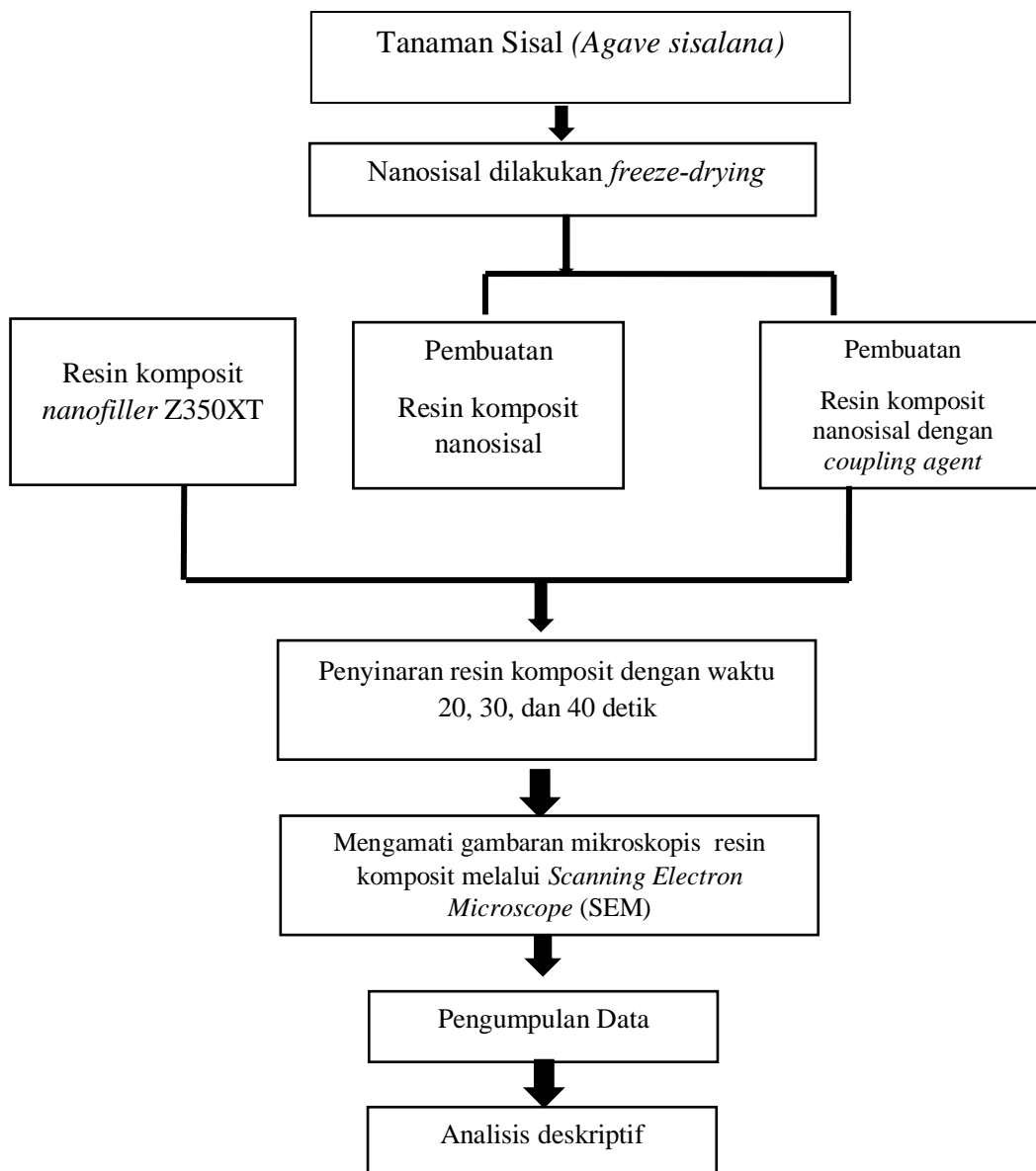
Pembuatan sampel terdiri dari 3 kelompok yaitu, resin komposit nanosisal sebagai kelompok A, resin komposit nanosisal dengan *coupling agent* sebagai kelompok B, dan resin komposit *nanofiller* sintesis Z350 XT sebagai kelompok C. Pada kelompok A pembuatan sampel nanosisal semi padat ditimbang dengan timbangan digital hingga mendapatkan berat 0,0696 gram. Dilanjutkan dengan meletakkan pada glass plate lalu dicampur dengan 0,0918 gram Bis-GMA; 0,0401 gram TEGDMA; 0,00009 gram UDMA dan 0,00009 gram *champorquinone*, dilakukan pengadukan hingga merata sehingga diperoleh adonan nanosisal komposit 60%. Pada kelompok B pembuatan sampel sama dengan kelompok A namun dilakukan penambahan *coupling agent* berupa *diglycidil eter bisphenol* sehingga diperoleh adonan nanosisal komposit 60% dengan *coupling agent*. Sedangkan pada kelompok C, resin komposit *nanofiller* Z350XT digunakan sebagai pembanding.

### b. Uji *Scanning Electron Microscope*

*Scanning Electron Microscope* merupakan alat untuk melihat tekstur permukaan suatu substansi secara mikroskopis, pada penelitian ini SEM digunakan untuk menganalisa struktur perlekatan masing – masing kelompok

sampel terhadap email dan dentin. Spesimen dibuat sesuai dengan bentuk kubus dengan panjang tiap sisi kurang dari 1 cm.

## H. ALUR PENELITIAN



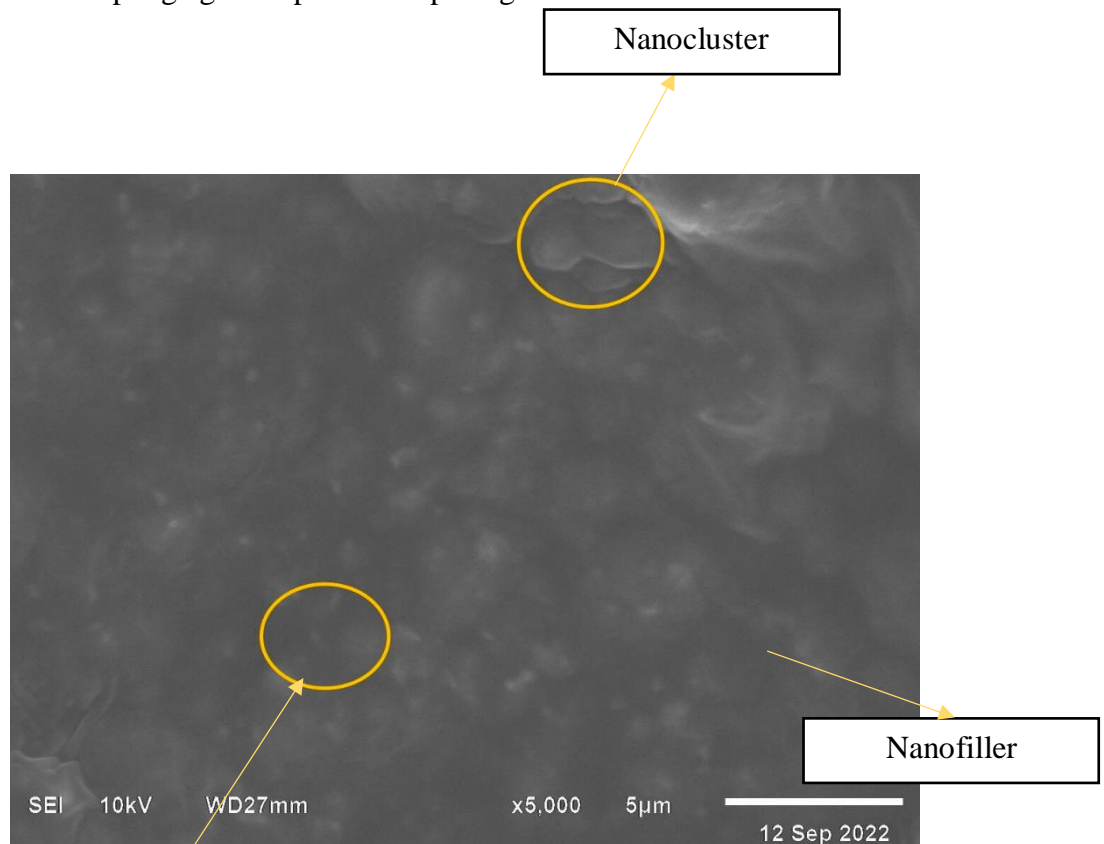


## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Penelitian

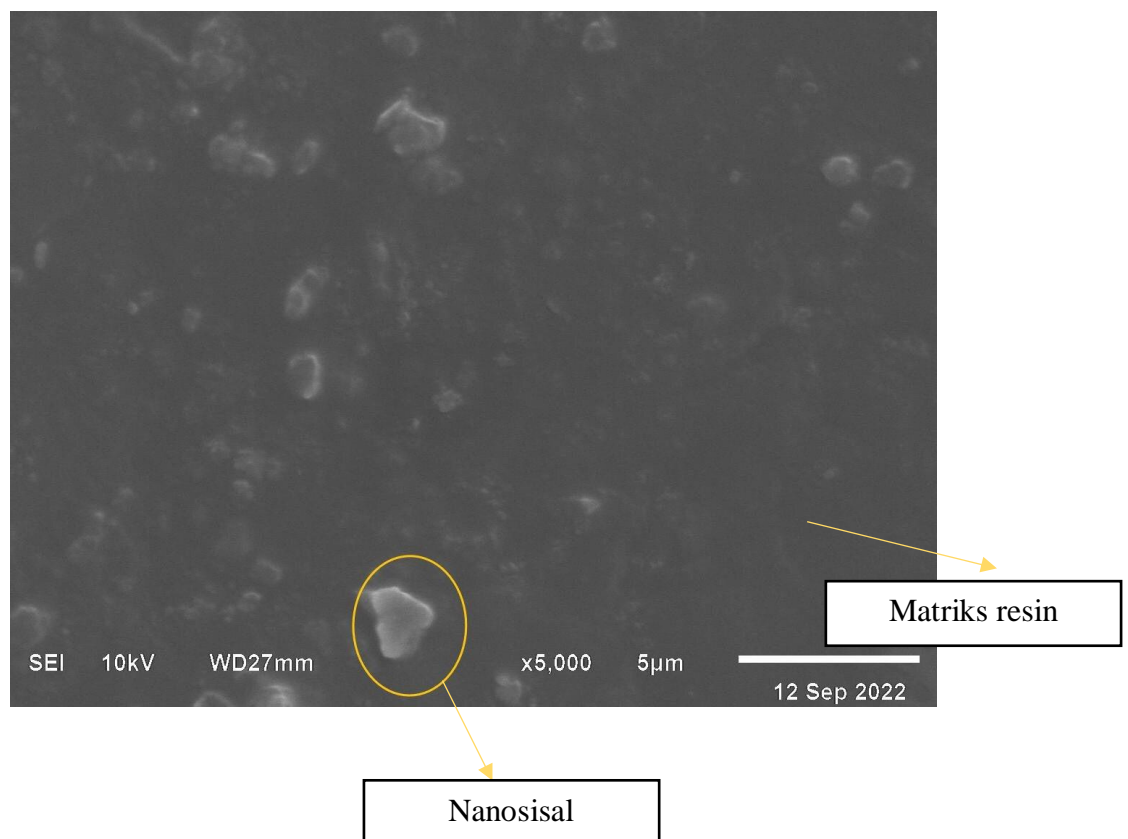
Penelitian mengenai perbedaan gambaran mikroskopis material *nanofiller* komposit, nanosisal komposit, dan nanosisal komposit ditambah dengan *coupling agent* telah dilakukan. Perbedaan gambaran mikroskopis dipindai menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Hasil gambaran mikroskopis dengan perbesaran 8000x didapatkan perbedaan resin komposit *nanofiller*, resin komposit nanosisal, dan resin komposit nanosisal 60% ditambah *coupling agent* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Gambaran SEM Resin Komposit *Nanofiller* Z350XT

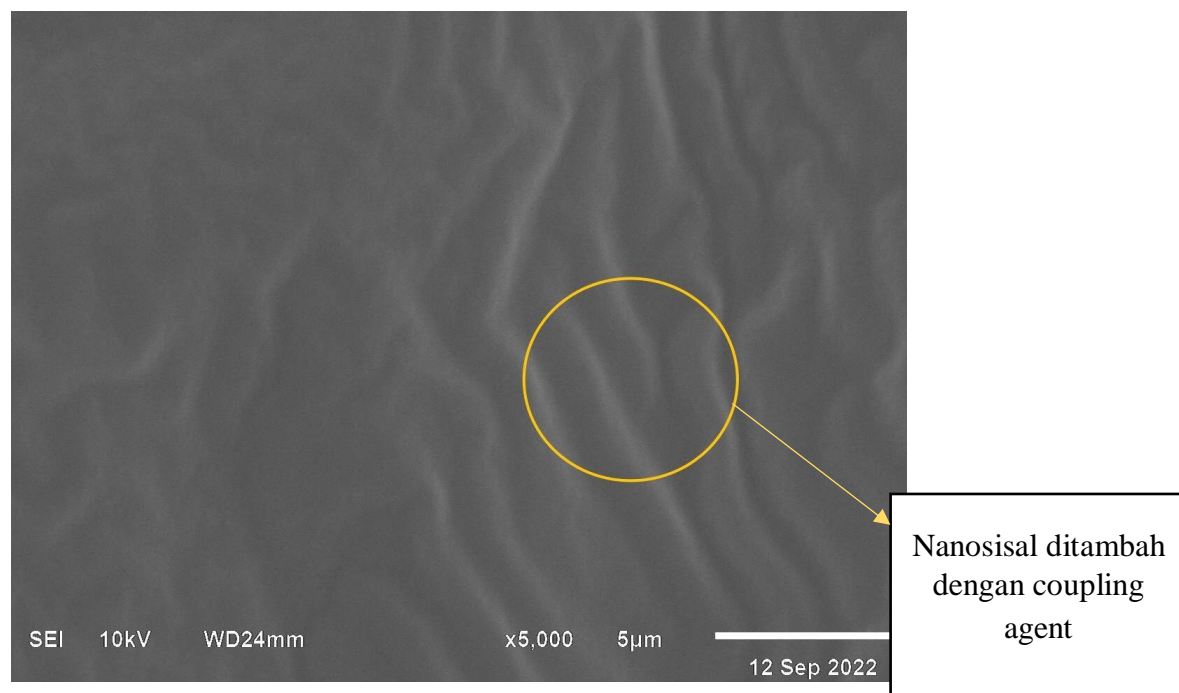
Noncluster

Pada (gambar 3) dapat dilihat bahwa permukaan dari resin komposit *nanofiller* terdapat partikel *non-cluster* dan *nanocluster*. Partikel *non-cluster* merupakan partikel yang tidak berkelompok dan terpisah yang memiliki ukuran sekitar 20 nanometer. *Nanocluster* merupakan nanopartikel yang saling berikatan untuk membentuk *cluster* untuk membentuk kelompok partikel. Hasil analisis sampel resin komposit *nanofiller* Z350XT dengan SEM menunjukkan bahwa *silane* tidak dapat mengikat matriks resin dan *filler* anorganik dengan baik, sehingga terdapat lebih banyak rongga antara matriks resin dan *filler* anorganik.



Gambar 4. Gambaran SEM Resin Komposit Nanosisal

Pada (gambar 4) dapat dilihat bahwa partikel nanosisal tersebar tidak beraturan di antara matriks resin komposit. Hal ini terjadi karena tidak adanya *coupling agent* yang menciptakan ikatan kimia antara matriks resin dan nanosisal, walaupun matriks resin dan nanosisal merupakan bahan organik yang dapat larut dan terikat ketika dicampur menjadi satu.



Gambar 5. Gambaran SEM Resin Komposit Nanosisal Ditambah *Coupling Agent*

Pada (gambar 5) dapat dilihat bahwa partikel nanosisal sudah menyatu dengan matriks resin sehingga tampak tidak halus dan bergelombang karena adanya penambahan *coupling agent* berupa *Bisphenol A Diglycidyl Ether*. *Bisphenol A Diglycidyl Ether* memiliki sifat mekanis yang baik, memiliki daya rekat yang baik, dan *shrinkage* yang rendah.

## B. Pembahasan

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui perbedaan gambaran mikroskopis resin komposit nanosisal 60%, resin komposit nanosisal 60% ditambah *coupling agent*, dan resin komposit *nanofiller Z350 XT 3M ESPE*. Resin komposit disinari menggunakan *curing unit* jenis LED. Gambaran mikroskopis diamati menggunakan alat *Scanning Electron Microscope (SEM)*.

Gambaran analisis *Scanning Electron Microscope (SEM)* pada kelompok sampel resin komposit *nanofiller Z350XT 3M ESPE* menunjukkan bahwa terdapat partikel *non-cluster* dan *nanocluster*. Partikel *non-cluster* merupakan partikel tidak berkelompok yang berukuran 20 nm. *Nanocluster* terdiri dari partikel dengan ukuran nano yang mudah terhubung untuk membentuk *cluster* partikel. Kelompok partikel ini berfungsi sebagai unit tunggal yang memberikan kekuatan yang tinggi pada resin komposit. Kombinasi partikel *non-cluster* dan *nanocluster* dapat mengurangi jumlah celah partikel *filler*, meningkatkan sifat fisik, dan meningkatkan hasil poles yang baik (Basri *et al.*, 2017). Pada kelompok sampel resin komposit *nanofiller Z350XT*, terdapat ketidakseimbangan *coupling agent* dalam resin komposit *nanofiller*. Bahan *coupling agent* yang digunakan pada resin komposit *nanofiller* yaitu *silane*. *Silane* adalah promotor adhesi dengan dua fungsi reaktif yang dapat bereaksi dan berikatan dengan berbagai bahan organik dan anorganik. Penggunaan *silane* bertujuan untuk membentuk ikatan antara bahan yang berbeda (Matinlinna *et al.*, 2017). Gugus fungsi yang dapat terhidrolisis pada *silane* bereaksi dengan gugus hidroksil dari permukaan anorganik substrat untuk

membentuk ikatan siloksan (Si-O-Si). Gugus fungsi organik tidak dapat dihidrolisis dengan ikatan rangkap karbon yang dapat berpolimerisasi dengan monomer resin komposit yang mengandung ikatan rangkap. Dapat diasumsikan bahwa harus terdapat keseimbangan antara jumlah gugus hidroksil dari substrat anorganik dan gugus fungsi hidrolisis yang ada dalam *silane* (Zaghloul *et al.*, 2014). Ketidakseimbangan jumlah kandungan *silane* pada resin komposit *nanofiller* dapat menyebabkan penyaluran tekanan dari matriks ke *filler* tidak optimal sehingga resin komposit menjadi mudah pecah (Eng *et al.*, 2014).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelompok sampel nanosisal komposit memiliki gambaran mikroskopis yang lebih baik dibandingkan dengan sampel komposit *nanofiller*. Hal ini dikarenakan nanosisal komposit membentuk ikatan yang lebih kuat antara nanosisal dengan matriks resin karena adanya ikatan kimia pada gugus OH. Pengamatan struktur kimia matriks resin dan nanosisal, atom H yang terdapat pada matriks resin terikat pada atom O yang ada dalam nanosisal. Akibatnya, gugus OH baru terbentuk. Selain itu, ikatan mekanis juga terbentuk antara matriks resin dan serat nanosisal karena kekasaran permukaan serat sisal. Proses pembuatan awal nanosisal komposit memiliki pengaruh besar pada sifat mekanik resin komposit (Nugroho *et al.*, 2017).

Resin komposit dengan tambahan *filler* sisal memiliki beberapa keunggulan yaitu dapat meningkatkan sifat mekanis, meningkatkan ketahanan, mengurangi ekspansi termal, dan mengurangi creep (Kaczmar *et al.*, 2004). Resin komposit *nanofiller* memiliki komposisi *filler* sebanyak 78,5 wt%

sedangkan kandungan *filler* pada resin komposit nanosidal adalah 60 wt% (Jayanthi & Vinod, 2013). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Goncalvales *et al.*, 2010) menunjukkan bahwa dengan bertambahnya *filler* loading, volume matriks resin akan berkurang dan dengan demikian penyusutan polimerisasi berkurang secara proporsional. Hal ini karena peningkatan muatan *filler* akan mengurangi konsentrasi ikatan rangkap karbon dan mengurangi *shrinkage*.

Pada penelitian (Nugroho *et al.*, 2017) uji mekanis kekuatan *filler* nanosidal 60%, 65%, 70%, dan resin komposit *nanofiller* Z350XT 3M ESPE menyatakan bahwa nanosidal dengan *filler* 60% memiliki kekuatan mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan resin komposit *nanofiller* Z350XT 3M ESPE. Pada resin komposit nanosidal 60% terjadi tiga mekanisme ikatan yaitu *Mechanical Bonding* yang mengikat dua permukaan satu sama lain, terjadinya *Electrostatic Bonding* karena adanya gaya tarik menarik antara dua permukaan, dan *Chemical Bonding* yang merupakan hasil dari adanya energi kimia pada interface bonding yang membuat ikatan nanosidal dan ikatan epoksi-polimer menjadi lebih baik (Betan *et al.*, 2014).

Gambaran analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada kelompok sampel nanosidal komposit ditambah dengan *coupling agent* menunjukkan bahwa terdapat hasil permukaan yang bergelombang. Hal ini terjadi karena adanya penggunaan *coupling agent Bisphenol A Diglycidyl Ether* pada *filler* nanosidal. *Bisphenol A Diglycidyl Ether* memiliki sifat mekanik dan sifat termal yang sangat baik, daya rekat yang baik untuk berbagai bahan substrat, dan

*shrinkage* yang rendah. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Nugroho *et al.*, 2019) bahwa sampel berbahan resin komposit nanosisal ditambah *coupling agent* memiliki perlekatan yang lebih baik dibandingkan dengan sampel berbahan nanosisal 60% dan *nanofiller* Z350XT. Penambahan *coupling agent* berupa *Bisphenol A Diglycidyl Ether* menyebabkan sampel tersebut memiliki jarak lebih kecil dibandingkan sampel yang lain. Nanosisal dengan tambahan *Bisphenol A Diglycidyl Ether* dapat membentuk ikatan material yang membuat *interface bonding* semakin kuat (Souza & Reis, 2013).

Ikatan antara matriks resin Bis-GMA dan nanosisal dapat dicapai dengan adhesi *Bisphenol A Diglycidyl Ether*. Ikatan ini dapat terbentuk melalui gugus (OH) dan gugus amina (NH). Karena bahan organik Bis-GMA dan nanosisal tidak memiliki gugus amina, reaksi ketiga molekul ini terbentuk melalui gugus (OH). Atom H yang ada dalam bis-GMA dan nanosisal menyatu dengan atom O sehingga gugus OH yang baru terbentuk dan dapat berikatan dengan baik secara kimia. Bahan dengan ikatan kimia yang baik dapat menahan gaya fleksural yang tinggi, tetapi belum tentu menahan gaya tekan yang tinggi. Hal ini dikarenakan kekuatan fleksural dipengaruhi oleh daya rekat antara *filler* dan matriks, sedangkan kekuatan tekan dipengaruhi oleh orientasi serat di dalam matriks (Barnes, 2007).





## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

1. Terdapat perbedaan pada gambaran mikroskopis resin komposit *nanofiller*, resin komposit nanosisal, dan resin komposit nanosisal ditambah dengan *coupling agent*.

#### **B. Saran**

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan sampel resin komposit jenis lain sebagai pembanding dari resin komposit nanosisal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ade-Ajayi, A. F., Hammuel, C., Ezeayanaso, C., Ogabiela, E. E., Udiba, U., Anyim, B., & Olabanji, O. (2011). Preliminary Phytochemical And Antimicrobial Screening Of Agave Sisalana Perrine Juice (Waste). *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 3(7), 4.
- Ahmad, E. E. M. (t.t.). The Influence Of Micro- And Nano- Sisal Fibres On The Morphology And Properties Of Different Polymers. 176.
- Albers, H. F. (2002). Tooth-Colored Restoratives: Principles And Techniques. PMPH-USA.
- Anusavice, K. J. (2003). Informatics Systems To Assess And Apply Clinical Research On Dental Restorative Materials. *Advances in Dental Research*,
- Anusavice, K. J., Chiayi Shen, P., & H. Ralph Rawls, P. (2013). *Philip's science of Dental Material (12<sup>th</sup> ed.)*. China: ELSEVIER.
- Barnes, A. J. (2007). Uniaxial Compression And Flexural Behaviour Of High Performance Cementitious Composites (HPFRCC). *University of Wisconsin*.
- Basri, M. H. C., Erlita, I., & Nahzi, M. Y. I. (2017). Kekasaran Permukaan Resin Komposit Nanofiller Setelah Perendaman Alam Air Sungai Dan Air Pdam. *Dentino : Jurnal Kedokteran Gigi*, 2(1), Art. 1.
- Betan, A. D., Soenoko, R., & Sonief, A. A. (2014). Pengaruh Persentase Alkali pada Serat Pangkal Pelepah Daun Pinang (Areca Catechu) terhadap Sifat Mekanis Komposit Polimer. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 5(2), Art. 2.
- Diansari, V. (t.t.). Gambaran Scanning Electron Microscope (Sem) Mikrostruktur Permukaan Resin Komposit Nanofiler Setelah Perendaman Dalam Kopi Arabika Gayo | Diansari | *Cakradonya Dental Journal*.
- Eng, C. C., Ibrahim, N. A., Zainudin, N., Arifin, H., & Yunus, W. Z. W. (2014). Impact Strength And Flexural Properties Enhancement Of Methacrylate Silane Treated Oil Palm Mesocarp Fiber Reinforced Biodegradable Hybrid Composites,. *The Scientific World Journal*.
- García, A. H., Lozano, M. A. M., Vila, J. C., Escribano, A. B., & Galve, P. F. (t.t.). Resinas Compuestas. Revisión De Los Materiales E Indicaciones Clínicas. *Odontología Clínica*, 6.
- Goncalvales, F., Kawano, Y., & Braga, R. R. (2010). Contraction Stress Related To Composite Inorganic Content.
- H., A. (t.t.). Kenaf Fiber Reinforced Composites: A Review. *Materials & Design*.
- Jayanthi, N., & Vinod, 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, 281–289.
- Kaczmar, J. W., Pach, J., & Kozlowski, R. (2004). Use Of Natural Fibres As Fillers For Polymer Composites. 34(6), 45–50.
- Kusumastuti, A. (2009). Aplikasi Serat Sisal Sebagai Komposit Polimer. 1(1), 6.

- Meure, S., Furman, S., & Khor, S. (2010). Poly[ethylene-co-(methacrylic acid)] Healing Agents for Mendable Carbon Fiber Laminates. *Macromolecular Materials and Engineering*, 295(5), 420–424.
- Natarajan, N. (t.t.). Sisal Fiber / Glass Fiber Hybrid Nano Composite: The Tensile And Compressive Properties.
- Nugroho, D. A., Widjijono, W., Nuryono, N., Asmara, W., Aastuti, W. D., & Ardianata, D. (2017). Effects Of Filler Volume Of Nanosisal In Compressive Strength Of Composite Resin. *Dental Journal (Majalah Kedokteran Gigi)*, 50(4), 183.
- Palwinder, K. (t.t.). Nanocomposites—A Step Towards Improved Restorative Dentistry.
- Permatasari, R., & Usman, M. (2008). Penutupan Diastema dengan Menggunakan Komposit Nanofiller. *Journal of Dentistry Indonesia*, 15(3), Art. 3.
- PhD, K. J. A., DMD, Shen, C., & Rawls, H. R. (2012). Phillips' Science of Dental Materials. *Elsevier Health Sciences*.
- Prasetyo, D., & Raharjo, W. W. (2013). Pengaruh Penambahan Coupling Agent Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Polyester-Cantula Dengan Anyaman Serat 3d Angle Interlock. 12, 9.
- Ritter, A. V., Boushell, L. W., & Walter, R. (2019). *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry* (7<sup>th</sup> Editio). Elsevier.
- Sakaguchi, R. L., & Powers, J. M. (2012). Craig ' Restorative Dental Materials (R. L. Sakaguchi & J. M. Powers, Ed.; 13<sup>th</sup> ed.). ELSEVIER MOSBY.
- Salzmann, J. A. (1973). Applied dental materials. *American Journal of Orthodontics*, 64(2), 207.
- Sisal Fiber / Glass Fiber Hybrid Nano Composite: The Tensile and Compressive Properties. (2014). 5<sup>th</sup> International & 26<sup>th</sup> All India Manufacturing Technology, Design and Research Conference (AIMTDR 2014).
- Souza, J. P., & Reis, J. M. (2013). Thermal Behavior Of DGEBA (Diglycidyl Ether of Bisphenol A) Adhesives And Its Influence On The Strength Of Joints. *Applied Adhesion Science*, 1(1), 6.
- 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
- 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.
- 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. *European Journal of Dentistry*, 08(01), 044–052.

# LAMPIRAN



**UMY** UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH  
YOGYAKARTA  
*Unggul & Ikhlas*

FAKULTAS  
KEDOKTERAN DAN  
ILMU KESEHATAN

KOMITE ETIK PENELITIAN KESEHATAN  
**HEALTH RESEARCH ETHICS COMMITTEE**  
FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU KESEHATAN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
YOGYAKARTA  
FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU KESEHATAN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
**KETERANGAN LAYAK ETIK**  
*DESCRIPTION OF ETHICAL EXEMPTION*  
**"ETHICAL EXEMPTION"**

No. 021/EC-EXEM-KEPK FKIK UMY/II/2022

Protokol penelitian yang diusulkan oleh :  
*The research protocol proposed by*

Peneliti utama

: Romi Naufal Luqmana

Principal In Investigator

Nama Institusi

: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Name of the Institution

Dengan judul:

Title

**"PERBEDAAN GAMBARAN MIKROSKOPIS MATERIAL NANOFILLER KOMPOSIT, NANOSISAL  
KOMPOSIT, DAN NANOSISAL KOMPOSIT DITAMBAH DENGAN COUPLING AGENT"**

*"THE DIFFERENCE OF MICROSCOPIC IMAGES OF COMPOSITE NANOFILLER MATERIALS, COMPOSITE  
NANOSISALS, AND COMPOSITE NANOSISALS PLUS WITH COUPLING AGENT"*

Dinyatakan layak etik sesuai 7 (tujuh) Standar WHO 2011, yaitu 1) Nilai Sosial, 2) Nilai Ilmiah, 3) Pemerataan  
Beban dan Manfaat, 4) Risiko, 5) Bujukan/Eksploitasi, 6) Kerahasiaan dan Privacy, dan 7) Persetujuan Setelah  
Penjelasan, yang merujuk pada Pedoman CIOMs 2016. Hal ini seperti yang ditunjukkan oleh terpenuhinya indikator  
setiap standar.

*Declared to be ethically appropriate in accordance to 7 (seven) WHO 2011 Standards, 1) Social Values, 2)  
Scientific Values, 3) Equitable Assessment and Benefits, 4) Risks, 5) Persuasion/Exploitation, 6) Confidentiality and  
Privacy, and 7) Informed Consent, referring to the 2016 CIOMs Guidelines. This is as indicated by the fulfillment of  
the indicators of each standard.*

Pernyataan Laik Etik ini berlaku selama kurun waktu tanggal 11 Februari 2022 sampai dengan tanggal 11 Februari  
2023.

*This declaration of ethics applies during the period of February 11, 2022 until February 11, 2023.*



