

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar belakang

Resin komposit merupakan salah satu bahan tambalan sewarna gigi yang banyak digunakan saat ini karena memiliki nilai estetis yang tinggi dibandingkan dengan bahan tumpatan warna gigi yang lain. Bahan tersebut merupakan salah satu polimer yang mengeras melalui polimerisasi. Istilah resin komposit dapat didefinisikan sebagai gabungan dua atau lebih bahan yang berbeda dengan sifat-sifat yang unggul sehingga akan menghasilkan sifat yang lebih baik dari pada bahan itu sendiri (Anusavice, 2003).

Komposisi resin komposit terdiri atas *filler* (bahan pengisi) anorganik, matriks resin dan *coupling agent*. *Filler* anorganik berperan terhadap kekuatan resin komposit. Matriks resin digunakan untuk membentuk fisik resin komposit agar dapat diaplikasikan. *Coupling agent* berfungsi untuk menyatukan *filler* dan matriks resin. Selain ketiga komponen tersebut, komposisi resin komposit juga dapat ditambahkan dengan aktivator, inisiator, pigmen dan ultraviolet absorben. Tambahan komponen tersebut dapat berfungsi saat proses polimerisasi dan warna resin komposit sesuai dengan warna gigi (Anusavice, 2003). Penambahan komponen bahan pengisi ke dalam matriks resin secara signifikan dapat meningkatkan sifat mekanis resin komposit.

Sifat mekanis resin komposit merupakan faktor penting terhadap kemampuan bahan ini bertahan di dalam gigi karena gigi sering mendapat tekanan pengunyahan. Volume *filler* (bahan pengisi) yang besar dapat

meningkatkan kekuatan resin komposit, tetapi berdasarkan studi evaluasi klinis selama 1 tahun melaporkan bahwa 34 % tumpatan resin komposit mengalami fraktur (Raharjo dkk., 2002). Oleh karena itu, untuk meningkatkan sifat mekanis resin komposit bahan pengisi tidak hanya ditambah volumenya, tetapi juga harus dimodifikasi agar sifat mekanisnya bertambah baik.

Modifikasi resin komposit dapat dilakukan dengan penambahan fiber. Beberapa penelitian dilakukan untuk memperkuat resin komposit sebagai bahan tumpatannya dengan menambahkan *fiber* yang berupa *glass fiber*, *carbon fiber*, *polyethylene fiber* (Glazer dkk., 2000; Manhaart, 2009; Luthria dkk., 2012). Penguatan dengan menambahkan *fiber* pada polimer resin komposit menggunakan *carbon fiber* terbukti dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanik resin komposit, akan tetapi *carbon fiber* memiliki nilai estetik yang kurang baik (Glazer dkk., 2000). Modifikasi resin komposit dengan penambahan *polyethylene fiber* terbukti dapat meningkatkan sifat mekanik resin komposit (Luthria dkk., 2012). *Glass fiber* juga dapat meningkatkan sifat mekanis resin komposit (Manhaart, 2009). Menurut Uzun dkk., (2009) *fiber* yang paling sering digunakan di kedokteran gigi adalah *glass fiber* dan *ultra high molecular weigh polyethylene fiber* (UHMWPE), kedua material tersebut merupakan jenis *fiber* sintesis. *Fiber* sintesis tersebut memiliki kelemahan adalah mahal harganya, *non-biodegradable*, tidak dapat didaur ulang, dan densitasnya sangat tinggi (Begum dan Islam, 2013). Oleh karena itu, fiber yang berasal dari alam diperlukan untuk meningkatkan sifat mekanis dan fisik resin komposit.

Penggunaan serat (*fiber*) alam di bidang kedokteran gigi masih jarang dilakukan, salah satu jenis serat alam yang dapat dikembangkan adalah serat

sisal (*Agave sisalana*), namun saat ini pemanfaatan utama sisal terbatas pada bidang kelautan dan pertanian. Aplikasi serat sisal antara lain pada pembuatan benang, tali, bahan pelapis, tikar, jala ikan, serta barang kerajinan seperti dompet dan hiasan dinding (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). Serat sisal merupakan serat keras yang dihasilkan dari tanaman sisal (*Agave sisalana*), untuk saat ini serat sisal sudah tersedia di Indonesia dan telah diproduksi di Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat Malang. Serat sisal memiliki sifat sebagai penguat mekanis terhadap matriks (Li dkk., 2007).

Ukuran *filler* resin komposit dapat berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanis resin komposit. *Filler* berukuran nano akan mudah dipolish dan menghasilkan tambalan resin komposit yang mengkilat (Lohbauer dkk., 2006). Penelitian ini akan menggunakan serat (fiber) alam berupa sisal, yang akan digunakan sebagai filler dalam resin komposit. Menurut Li dkk., (2007) sifat mekanis serat alam sebagai material penguat *polymer* dapat ditingkatkan dengan dilakukan *surface treatment* berupa alkalisasi menggunakan NaOH, setelah alkalisasi, sisal dibuat dalam ukuran nano melalui tiga tahap proses, yaitu: scouring, bleaching dan ultrasonifikasi.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

- a). Apakah terdapat perbedaan kekuatan tekan antara resin komposit nanofiller sintetis dengan resin komposit nanosisal?
- b). Apakah terdapat perbedaan kekuatan impak antara resin komposit nanofiller sintetis dengan nanosisal?
- c). Apakah terdapat perbedaan kekuatan fleksural antara resin komposit nanofiller sintetis dengan resin komposit nanosisal?
- d). Apakah terdapat perbedaan kekerasan antara resin komposit nanofiller sintetis dengan resin komposit nanosisal?
- e). Bagaimana *biocompatibility* resin komposit nanosisal?

## **C. Keaslian Penelitian**

Penelitian tentang fiber sisal pada resin komposit telah diteliti oleh beberapa peneliti. Natarajan dkk. (2014) telah membandingkan kekuatan tekan dan kekuatan tarik antara glass fiber resin komposit dengan sisal fiber resin komposit. Sisal fiber pada penelitian tersebut berukuran diameter 0,2-0,4 mm dialkalisasi serta dicampur dengan resin komposit. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sisal fiber resin komposit mempunyai kekuatan tekan dan kekuatan tarik lebih tinggi daripada glass fiber.

Penelitian Zhong dkk. (2007) tentang perlakuan alkalisasi sisal fiber (ukuran diameter 2 mm) dapat meningkatkan sifat mekanis resin komposit yang

dicampur dengan sisal. Silva dkk. (2010) juga meneliti tentang kekuatan *fatigue* sisal fiber komposit sebagai sementasi restorasi gigi tiruan cekat. Diameter sisal yang yang digunakan dalam peneltian tersebut adalah 0,6 mm.

#### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bahwa *fiber* nanosisal dapat digunakan sebagai *filler* (bahan pengisi) resin komposit.

Tujuan Khusus

Penelitian ini betujuan untuk:

- a. Mengetahui perbedaan kekuatan tekan antara resin komposit nanofiller sintetis dengan resin komposit nanosisal
- b. Mengetahui perbedaan kekuatan impak antara resin komposit nanofiller sintetis dengan resin komposit nanosisal
- c. Mengetahui perbedaan kekuatan fleksural antara resin komposit nanofiller sintetis dengan resin komposit nanosisal
- d. Mengetahui perbedaan kekerasan antara resin komposit nanofiller sintetis dengan resin komposit nanosisal
- e. Mengetahui *biocompatibility* resin komposit nanosisal

#### **E. Manfaat Penelitian**

- a. Memberikan informasi ilmiah tentang perbedaan sifat mekanis antara resin komposit nanfiller sintetis dengan resin komposit nanosisal
- b. Mengembangkan serat alam sisal sebagai alternatif pilihan bahan penguat resin komposit

- c. Memberikan informasi tentang penggunaan nanosisal sebagai *filler* resin komposit

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Telaah Pustaka**

##### **1. Resin Komposit**

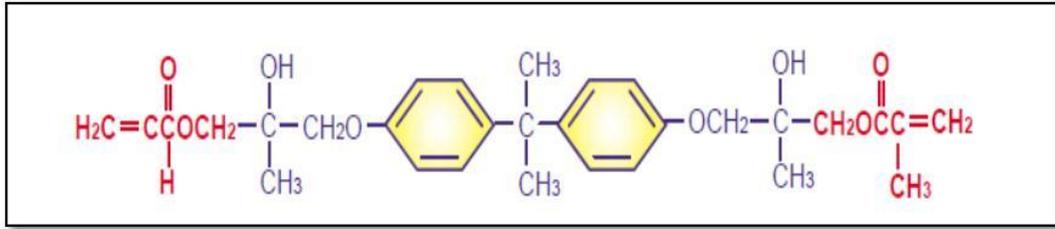
###### **1.1. Pengertian**

Resin komposit merupakan salah satu bahan tambalan sewarna gigi yang banyak digunakan saat ini karena memiliki nilai estetis yang tinggi dibandingkan dengan bahan tumpatan warna gigi yang lain (Winanto, 1997). Bahan tersebut merupakan salah satu polimer yang mengeras melalui polimerisasi. Istilah resin komposit dapat didefinisikan sebagai gabungan dua atau lebih bahan yang berbeda dengan sifat-sifat yang unggul sehingga akan menghasilkan sifat yang lebih baik dari pada bahan itu sendiri (Anusavice, 2004). Komposisi resin komposit terdiri atas matriks resin organik, partikel bahan pengisi anorganik (*filler*), bahan *coupling* (*silane*), sistem aktivator-inisiator, inhibitor dan stabilizer dan *optical modifiers* (van Noort, 2007).

###### **1.2. Komposisi Resin Komposit**

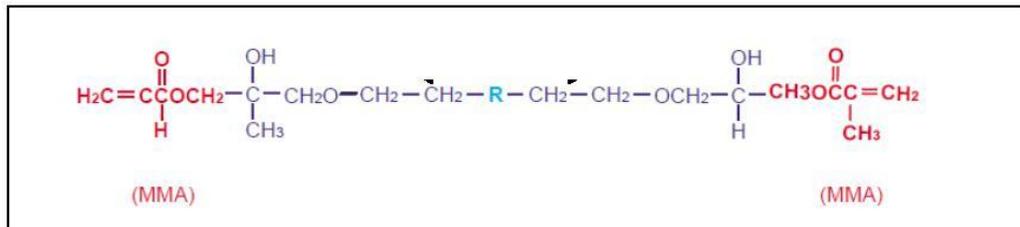
###### **1.2.1. Matriks Resin**

Matriks resin organik yang paling sering digunakan adalah *bisphenol-Aglycidyl methacrylate* (bis-GMA) yang dihasilkan dari reaksi antara *bisphenol A* dan *glycidyl methacrylate*. Bis-GMA memiliki dua gugus hidroksil untuk meningkatkan viskositas sehingga dapat berpolimerisasi menjadi bentuk polimer ikatan ganda dan memiliki dua cincin karbon aromatik untuk menambah berat molekul dan kekakuan (Gambar 1).

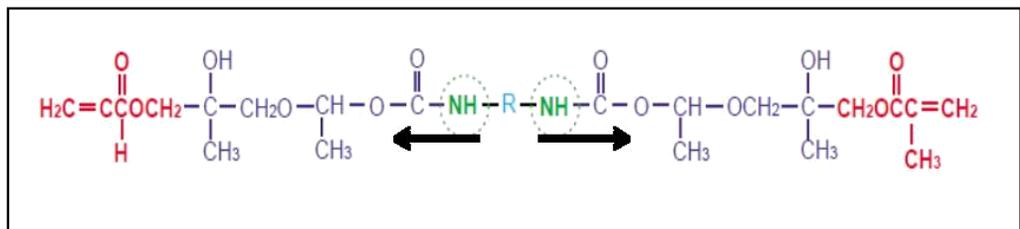


Gambar 1. Struktur kimia resin komposit *dimethacrylate* matriks resin bis-GMA.

Matriks resin yang sering ditambahkan pada bis-GMA adalah *triethylene glycoldimethacrylate* (TEGDMA).<sup>9,16,19</sup> Struktur kimia TEGDMA memiliki sifat mekanis yang lebih rendah daripada bis-GMA (Gambar 2). Matriks resin lainnya yaitu *urethane dimethacrylate* (UDMA) yang biasanya digunakan sebagai matriks resin tambahan atau pengganti bis-GMA.<sup>25</sup> Struktur kimia UDMA memiliki gugus *urethane* yang memberikan kekuatan dan kekerasan pada polimer serta penyerapan air yang rendah (Gambar 3).<sup>25</sup>



Gambar 2. Struktur kimia resin komposit *dimethacrylate* matriks resin TEGDMA.<sup>29</sup>



Gambar 3. Struktur kimia resin komposit *dimethacrylate* matriks resin UDMA.<sup>29</sup>

### **1.2.3. Partikel Bahan Pengisi Anorganik (*Filler*)**

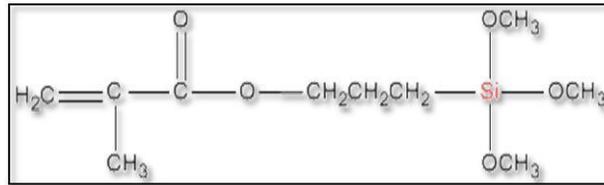
Partikel bahan pengisi umumnya dihasilkan dari penggilingan atau pengolahan quartz atau kaca untuk menghasilkan partikel yang berkisar antara 0,1-100  $\mu\text{m}$ . Partikel bahan pengisi anorganik (*filler*) umumnya membentuk 30-70% volume dan 50-85% berat komposit.<sup>5</sup> Penambahan filler sebagian besar menentukan sifat mekanik dari bahan restorasi (Albers, 2002; Le Sage, 2007). Partikel-parikel filler ditambahkan ke fase organik untuk memperbaiki sifat fisik dan mekanik dari matriks, seperti berkurangnya pengerutan karena jumlah resin sedikit, berkurangnya penyerapan air dan ekspansi koefisien panas dan meningkatkan sifat mekanis seperti kekuatan, kekakuan, kekerasan dan ketahanan abrasi (Albers, 2002; Garcia dkk., 2006). Faktor-faktor penting lainnya yang menentukan sifat dan aplikasi klinis komposit adalah jumlah bahan pengisi yang ditambahkan, ukuran partikel dan distribusinya (Cakir dkk., 2007).

Partikel filler yang digunakan bervariasi dalam komposisi kimia, morfologi dan dimensi. Pengisi utama adalah silikon dioksida, silikat boron dan silikat aluminium lithium juga umum digunakan. Pada kebanyakan restorasi komposit, bahan kuarsa sebagian besar digantikan oleh partikel logam berat yang radiopak seperti barium, zinc, strontium, aluminium atau zirkonium (Khaled, 2011).

### **1.2.4. Bahan *Coupling Agent* (*Silane*)**

Resin komposit yang pertama kali ditemukan, tidak berfungsi dengan baik karena ikatan antara matriks dan filler tidak kuat. *Coupling agent* memperkuat ikatan antara filler dan matriks resin dengan cara bereaksi secara

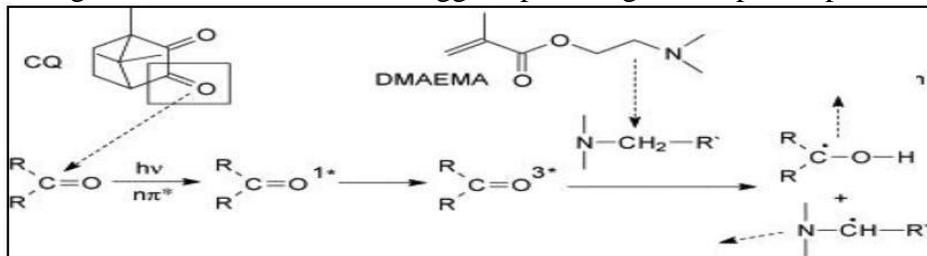
kimia (Rodrigues Junior, 2007). Hal tersebut membuat matriks resin memindahkan tekanan kepada partikel filler (Cakir dkk., 2007). Kegunaan coupling agent tidak hanya untuk memperbaiki sifat kimia dari resin komposit tetapi juga meminimalisasi hilangnya partikel filler akibat penetrasi cairan antara resin dan filler (Cramer dkk., 2011). Bahan *coupling* memiliki fungsi utama sebagai fasilitator ikatan antara matriks resin dan partikel bahan pengisi (*filler*). Bahan *coupling* yang sering digunakan adalah organosilane (3-*methacryloxypropyl trimethoxysilane*) (Khaled, 2011)



Gambar 4. 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane.

### 1.2.5. Sistem Fotoinisiator dan Aktivator

Fotoinisiator yang sering digunakan adalah gugus *diketone* seperti *camphorquinone* (CQ) yang menyerap cahaya tampak berwarna biru dengan panjanggelombang antara 400-500 nm dan yang paling optimal sekitar 465 nm.<sup>25</sup> *Camphorquinone* yang dihubungkan dengan aktivator yaitu *tertiary amine* seperti *dimethylaminoethylmethacrylate* (DMAEMA) (Gambar 5) akan menghasilkan radikalbebas sehingga dapat menginisiasi proses polimerisasi.



Gambar 5. Skema peranan CQ dan DMAEMA dalam polimerisasi radikal bebas resin komposit.

### **1.2.6. Inhibitor dan Stabilizer**

*Inhibitor* dan *stabilizer* memiliki struktur kimia seperti *hydroquinone* yaitu *4-methoxyphenol* (MEHQ) dan *2,6-di-tert-butyl-4-methyl phenol* atau *butylated hydroxytoluene* (BHT) yang berfungsi untuk mencegah terjadinya polimerisasi yangterlalu dini.<sup>25</sup>

### **1.2.7. Modifier Optik**

*Stain* dan *opacifiers* digunakan untuk mengubah dan memodifikasi warnavisual (*shading*) dan translusensi bahan komposit menjadi kombinasi yang lebih baik sebagai bahan restorasi yang menyerupai warna gigi. Bahan yang sering digunakan untuk meningkatkan opasitas adalah titanium dioksida dan alumunium oksida dalam jumlah kecil antara 0,001-0,007% berat.<sup>16</sup>

## **1.3. Klasifikasi Resin Komposit**

Sejumlah sistem klasifikasi telah digunakan untuk resin komposit. Klasifikasi yang sangat populer sampai sekarang dari Lutz dan Phillips (1983), yang berdasarkan ukuran partikel filler. Lutz dan Phillips membagi resin komposit menjadi resin komposit makrofiller (partikel filler ukuran 0,1-100  $\mu$ ), resin komposit mikro filler (0,04  $\mu$ ) dan resin komposit hibrid (ukuran partikel filler yang berbeda-beda). Klasifikasi yang lebih rinci dikemukakan oleh Willems, yang berdasarkan pada sejumlah parameter seperti modulus young, persentase (volume) bahan pengisi (filler) anorganik, ukuran partikel utama dan kekasaran permukaan (Garcia dkk., 2006). Van Noort (2007) mengklasifikasikan resin komposit sebagai berikut:

### **1.3.1. Resin Komposit Makrofil/ Tradisional**

Resin komposit tradisional adalah resin komposit yang erasal dari resin akrilik yang ditambah filler anorganik seperti glass, quartz, boron glass, bahan dengan

ukuran partikel rata-rata 10-40  $\mu\text{m}$ . Resin komposit tradisional memiliki derajat keausan yang sangat tinggi karena matriks resin yang lunak cenderung terlepas dari partikel keras yang lebih resisten (Garcia dkk., 2006; Schneider dkk., 2010). Sifat fisik resin komposit tradisional adalah keras dan kuat, tetapi sulit dipolis karena partikel fillernya berukuran besar sehingga menghasilkan permukaan mikroskopis yang kasar pada restorasi dan akan terlihat serta terasa berbeda dari gigi asli (Albers, 2002; Le Sage, 2007; Garcia dkk., 2006).

### **1.3.2. Resin Komposit Mikrofiller**

Jenis resin komposit mikrofill mempunyai ukuran partikel filler yang lebih kecil dari makrofill, dengan ukuran partikel rata-rata 0,02  $\mu\text{m}$ . Bahan filler resin komposit ini adalah senyawa anorganik silika koloidal dengan komposisi sekitar 50 % dari total resin komposit. Resin komposit tersebut mudah dipolis sampai sangat halus dan berkilau sehingga memiliki kualitas estetik baik (Burgess dkk., 2002). Kekuatan kompresif resin komposit mikrofill baik tetapi secara keseluruhan sifat fisik dan mekanis bahan ini masih tidak baik untuk aplikasi di daerah tekanan oklusal berat (Schneider, 2010).

### **1.3.3. Resin Komposit Hibrid**

Resin komposit hibrid generasi pertama dikembangkan tahun 1980-an, mengandung partikel filler berukuran 15-20  $\mu\text{m}$  dan 0,01-0,05  $\mu\text{m}$ , yang disebut minihybrid. Penelitian klinis membuktikan bahwa komposit hibrid partikel sedang dengan kekuatan dan resistensi fraktur yang lebih besar, terbukti tiga tahun bertahan lebih lama dari mikrofil (Donly dan Godoy, 2002). Komposit hibrid menghasilkan permukaan yang halus dan estetik yang kompetitif dengan komposit mikrofil untuk aplikasi restorasi anterior (Schneider dkk., 2010).

Komposit hibrid merupakan kombinasi ideal dari estetik dan daya tahan pada restorasi komposit. Sifat fisik dan mekanis untuk komposit hibrid umumnya berkisar diantara komposit konvensional dan mikrofil. Resistensi terhadap fraktur dihubungkan dengan jumlah filler pada komposit. Komposit yang memiliki filler banyak berarti memiliki resistensi terhadap fraktur yang tinggi, karena itu hibrid lebih resisten terhadap fraktur dari mikrofil (Donly dan Godoy, 2002). Ada dua jenis bahan filler dalam komposit: hibrid, yaitu silika koloidal yang berjumlah 10-20% dari total kandungan filler dan partikel glass yang mengandung logam berat yang berukuran 0,6-1,0  $\mu\text{m}$ .1,3,21

Pengembangan komposit hibrid generasi kedua menunjukkan peningkatan yang besar dari hibrid generasi pertama. Komposisi filler yang tinggi (70-75% per berat). Partikel berukuran rata-rata 1 mikron (minihybrid) dan partikel submikron memberikan kekuatan dan kepadatan. Kepadatan menyebabkan shading yang akurat dan optik warna yang sangat baik (Schneiser dkk., 2010).

#### **1.3.4. Resin Komposit Mikrohibrid**

Komposit mikrohibrid mengandung distribusi dari dua atau lebih bentuk tidak teratur, tapi diameter yang agak seragam, " glass " atau partikel quartz 0,2 sampai 3 mm ditambah 5% sampai 15% partikel microfine yang berukuran 0.04 mm. Distribusi tersebut membuat volume komposit mikrohibrid terisi 60 % sampai 70 % filler, yang diterjemahkan secara kasar meningkat menjadi 77% volume dan 84% berat. Ukuran partikel, distribusi dan presentase filler memberikan keuntungan bagi komposit mikrohibrid: kekuatan; shrinkage polimerisasi rendah (0,6 %-1.4%); koefisien ekspansi termal rendah; nilai penyerapan air rendah, kekuatan lentur yang lebih tinggi (150 MPa), dan kekerasan Knoop lebih tinggi (Albers, 2002; Le Sage,

2007, Garcia dkk., 2006)

Dari sudut pandang estetika, komposit mikrohibrid lebih opak dan sangat baik menggantikan dentin. Mikrohibrid dengan ukuran partikel rata-rata lebih kecil sangat baik dalam menggantikan enamel. Komposit mikrohibrid merupakan generasi terbaru komposit mikrofil sebelumnya yang diproses dalam laboratorium dengan meningkatkan rasio filler/resin dan menunjukkan perkembangan signifikan dalam sifat mekanis komposit (Karthick dkk., 2011). Komposisi filler yang tinggi (70-75% per berat) yang sama dengan kebanyakan komposit laboratorium generasi kedua menghasilkan bahan yang berkekuatan tinggi, tidak seperti mikrofil yang mudah fraktur (Chan dkk., 2010)

Potongan partikel rata-rata 1 mikron, filler submikron dan penambahan pengeras resin membuat resin mikrohibrid memiliki derajat kehalusan dan kemampuan polis yang lebih baik dibanding hibrid sebelumnya. Penambahan resin dan filler menghasilkan pola pantulan yang memberikan efek bunglon, yang memungkinkan bahan ini memancarkan warnanya sendiri dan menyerap sinar dari gigi tetangga atau restorasi lain. Karena itu resin mikrohibrid dapat menyesuaikan warna dengan lingkungan sekitar gigi dan restorasi walaupun warnanya tidak tepat (Albers, 2002; Le Sage, 2007).

Restorasi resin mikrohibrid umumnya bertahan selama 10 tahun dan warnanya stabil. Resin mikrohibrid merupakan bahan klinis yang sangat baik karena kekuatan, warna, kemampuan polis dan metamorfosisnya. Selain resistensi yang sangat baik, bahan ini juga mudah dipolis dan resisten terhadap plak dan stain (Albers, 2002; Le Sage, 2007).

Bahan ini mudah disesuaikan dengan gigi sekitar dengan panduan warna-

warna Vita yang sama dengan porselen (Albers, 2002; Garcia dkk., 2006). Komposit ini unik karena memiliki persediaan warna yang rinci dan opasitas termasuk modifikasi warna kroma tinggi yang menghasilkan pilihan warna yang luas (Chan dkk., 2010). Komposit jenis ini memungkinkan klinisi untuk menghasilkan restorasi posterior dengan estetik tinggi yang mendekati sifat gigi porselen (Le Sage, 2007) Walaupun bahan ini tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna dalam peningkatan teknologi, bahan ini menawarkan kombinasi optimal dari kemampuan polis, kekuatan, resistensi pemakaian dan radioopasitas (Chan dkk., 2010).

### **1.3.5. Resin Komposit Nano**

Kategori terbaru dari resin komposit adalah resin komposit tipe nanofilled composite. Resin komposit ini mengandung dua jenis partikel filler yaitu nanomer dan nanocluster. Partikel nanomer mengandung silika dengan ukuran yang sangat kecil yaitu 25 – 70 nm dengan penambahan silane dan secara sempurna dapat berikatan dengan matriks resin, dan partikel nanocluster berukuran 0,4 – 1 µm. Kombinasi kedua partikel dapat mengurangi celah interstitial dari partikel filler sehingga dapat meningkatkan muatan filler (Schneider dkk., 2010).

### **1.4. Polimerisasi Resin Komposit**

Polimerisasi adalah reaksi kimia yang terjadi ketika monomer-monomer resin dengan berat molekul rendah bergabung untuk membentuk rantai panjang yaitu polimer yang memiliki berat molekul tinggi. Proses polimerisasi dimulai oleh aktivator (kimia atau sinar) yang menyebabkan molekul inisiator membentuk radikal bebas (pengisian molekul yang memiliki elektron tidak berpasangan) (Kareem dan Jihad, 2012).

Monomer *dimethacrylate* (bis-GMA) mempunyai gugus fungsional dengan

karbon ikatan ganda (C=C) (Kareem dan Jehad, 2012). Persentasi ikatan ganda bereaksi dari 35-80% (Ferracane, 2010). Radikal bebas memecah salah satu karbon ikatan ganda membentuk ikatan tunggal dan radikal bebas lainnya. Radikal bebas tersebut dapat menyebabkan reaksi yang sama dengan monomer lainnya untuk menambah rantai polimer (polimerisasi adisi). Monomer-monomer yang bergabung satu sama lain menjadi rantai menyebabkan volume resin berkurang sehingga hasil akhir akan mengalami *shrinkage* (Kareem dan Jehad, 2012).

Banyak faktor yang dapat memiliki pengaruh pada shrinkage volumetrik dari resin komposit yaitu, isi filler material, ukuran filler, jenis monomer, jenis matriks organik, dan faktor konversi matriks organik, dan juga sumber sinar (Yazici dkk., 2004; Caselli dkk., 2006). Suksesnya restorasi komposit secara klinis bergantung pada polimerisasi yang sempurna. Polimerisasi merupakan proses pembentukan polimer dari gabungan beberapa monomer. Polimerisasi pada komposit menggunakan gugus radikal yang diperoleh melalui aktivasi dengan sinar (light-cured composite) atau senyawa kimia (self-cured composite) (Bektas dkk., 2012).

Proses pengerasan resin komposit memerlukan alat visible light cure (VLC) atau sinar tampak. Keuntungan dari VLC adalah proses pengerasan yang cepat, dalam, dan dapat diandalkan, meskipun melalui lapisan email bagian labial atau lingual (Albers, 2002). Bahan restorasi sinar menunjukkan warna yang lebih stabil dibandingkan sistem self-cured (pengerasan secara kimiawi), dan proses pengerasan atau polimerisasi yang terkontrol (Le Sage, 2007). Namun secara klinis ditemukan kelemahan resin komposit yaitu shrinkage dan menurunnya kekerasan. Resin komposit yang diaktivasi sinar akan mengalami pengerutan polimerisasi ke arah sumber sinar (Bektas dkk., 2012). Komposisi resin komposit terdiri dari monomer dasar resin Bis-GMA atau Bowen's, monomer pengencer seperti triethylene atau tetraethylene glycol dimethacrylate untuk kemudahan mengalir, monomer pengisi yang bersifat penguat seperti crystalline quartz, lithium aluminosilicate, barium aluminoborate silica glass, dan fused silica, bahan penggabung untuk mendapatkan ikatan adesif yang sangat stabil oleh bahan pengisi terhadap resin dapat meningkatkan kekuatan dan daya tahan dari komposit. Bahan penghambat polimerisasi untuk membatasi terjadinya proses polimerisasi selama penyinaran,

bahan pemula polimerisasi (initiator) dan yang terakhir adalah bahan pengaktif polimerisasi (activator) (Garcia dkk., 2006; Rodrigues Junior dkk., 2007).

Proses polimerisasi terjadi dalam tiga tahapan yaitu tahap inisiasi dimana molekul besar terurai karena proses panas menjadi radikal bebas. Proses pembebasan tersebut menggunakan sinar tampak yang dimulai dengan panjang gelombang 460–485 nm. Tahap kedua adalah propagasi, pada tahap ini monomer yang diaktifkan akan saling berikatan sehingga tercapai polimer dengan jumlah monomer tertentu. Tahap terakhir adalah terminasi dimana rantai membentuk molekul yang stabil (Aguilar dkk., 2007).

Menurut Price dkk (2000), jarak sumber sinar yang paling ideal guna mendapatkan polimerisasi yang optimal adalah 1-2 mm dengan ketebalan material komposit resin 1,5-2mm. Jika jarak sumber sinar mencapai 5-6 mm, maka sinar yang diterima oleh material komposit resin tidak dapat mempolimerisasi komposit resin dengan optimal, yang secara langsung akan menyebabkan penurunan sifat fisik dan mekanik, seperti yang dilaporkan oleh Herrero dkk (2005) bahwa polimerisasi yang tidak sempurna pada komposit resin dapat menurunkan kekerasan, kekuatan dan stabilitas warna serta meningkatnya penyerapan air (Malhotra dkk., 2010).

## **2. Jenis *Fiber Reinforced***

### *a. Glass fiber*

*Glass fiber* merupakan material yang sering digunakan untuk penguat polimer karena beberapa keuntungan yaitu memiliki kekuatan tarik yang cukup tinggi, tahan terhadap bahan kimia, bersifat isolator yang baik, tahan terhadap suhu yang tinggi. Komposisinya terdiri dari 50-60% SiO<sub>2</sub>, dan oksida lainnya seperti Al, Ca, Mg, Na, Fe dan lain-lain. Berdasarkan dari sifatnya, terdapat tiga tipe

*glass fiber* yaitu tipe A (*alkaly*), E (*electrical*), C (*chemical*) dan S (*stregth*), dimana tipe A merupakan material utama pembuatan *glass fiber*, tipe E memiliki isolasi listrik yang sangat baik, tipe C memiliki ketahanan terhadap korosi kimia dan tipe S memiliki kandungan *silica* yang tinggi sehingga tahan terhadap temperatur yang tinggi serta memiliki kekuatan mekanik yang besar (Gupta dan Khotari, 2007).

b. *Carbon fiber*

*Carbon fiber* merupakan material yang terdiri dari untaian serat karbon yang beriameter 5-10 $\mu$ m dan tersusun atas atom C berbentuk heksagonal. Dibandingkan dengan jenis *fiber* yang lain, *carbon fiber* memiliki kekuatan yang lebih baik, tetapi nilai estetikanya kurang. Sifat-sifatnya adalah memiliki kekakuan tinggi, kekuatan tarik tinggi, ketahanan kimia yang tinggi, toleransi suhu tinggi dan ekspansi termal rendah. Penggunaan *carbon fiber* sebagai penguat *base plate* resin akrilik pernah dilaporkan oleh Larson dkk., (1991) untuk meningkatkan kekuatan terhadap *fatigue* dan impak. Isa dkk., (2011) melakukan penelitian dengan membandingkan *aramid*, *carbon*, dan *glass fiber* sebagai penguat pada basis gigi tiruan, dari hasil penelian tersebut menyatakan bahwa basis gigi tiruan dengan penambahan *carbon fiber* memiliki kekuatan fleksural lebih tinggi dibandingkan dengan *aramid* maupun *glass fiber*. Hal tersebut sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Uzun dkk., (1999) yang menyatakan bahwa penambahan *carbon fiber* berbentuk anyaman dapat meningkatkan modulus elastisitas dan kekuatan impak basis gigi tiruan resin komposit. Namun hingga saat ini pemakaian *carbon fiber* di kedokteran gigi masih sangat terbatas disebabkan karena sulitnya proses manipulasi, warna yang kurang estetik dan

kemungkinan dapat menyebabkan alergi (Jagger dkk., 1999. Ozen dkk., 2006. Kama dkk., 2006).

c. *Nylon Fiber*

Menurut Alla dkk., (2013) *nylon fiber/polyamid* merupakan *fiber* yang tersusun atas rantai *aliphatic*. Keuntungan dari *nylon* adalah tahan terhadap gaya tiba-tiba dan *fatigue*. Namun *nylon* sangat mudah menyerap air sehingga akan berefek terhadap kekuatan mekaniknya. Menurut penelitian yang dilakukan Tandon dkk., (2010) penambahan *nylon fiber* juga dapat meningkatkan resistensi basis gigi tiruan terhadap fraktur.

d. *Aramid fiber/kevlar*

*Aramid fiber/kevlar* memiliki kekuatan mekanik yang lebih tinggi dibandingkan dengan *nylon* dan *E-glass fiber*. Susunan kimianya terdiri atas material anorganik seperti *polyparaphenylene terephthalamide* dengan rumus kimia  $(-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}-)_n$  (Jagger dkk., 1999). *Polyaramid fiber* lebih mudah dilakukan pembasahan dan tidak membutuhkan perlakuan berupa penambahan *coupling agent*. Dengan penambahan 2% *polyaramid fiber* dengan *unidirectional orientation* dapat meningkatkan kekuatan impak dan *fatigue* basis gigi tiruan resin akrilik (Berong dkk., 1990). Namun penggunaannya sebagai bahan penguat basis gigi tiruan juga masih sangat jarang karena warna kuning yang dapat ditimbulkan serta sulit dilakukan *polishing* (Jagger dkk., 1999). Adhesi yang kurang baik antara *fiber* dan resin akrilik juga menjadi salah satu faktor penyulit.

e. *Polyethylene Fiber* (UHMWPE)

UHMWPE merupakan bagian dari *thermoplastic polyethylene* yang terbentuk dari rantai *ethylen linear homopolymer* (-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-) yang sangat panjang dengan massa molekul 2-6 juta unit, berat molekul 3x10<sup>6</sup> hingga 6x10<sup>6</sup>μ. Semakin panjang rantai *ethylene* maka ikatan antar molekulnya akan semakin kuat, sehingga UHMWPE memiliki sifat fisik yang baik (Stein, 1998).

Sifat fisik *ultrahigh molecular polyethylene*(UHMWPE) adalah tidak berbau, tidak berasa, dan tidak berifat racun, tahan terhadap korosi, tahan terhadap abrasi, absorpsi terhadap kelembaban yang kecil, dan mempunyai koefisien friksi rendah (Wong dan Young, 1994), sehingga di bidang kedokteran gigi dapat digunakan sebagai *splint* periodontal, retainer ortodonti, *metal-free bridge* sementara, perawatan *split-tooth syndrome*. Selain itu juga dapat digunakan untuk pasak dan inti perawatan endodonti sebagai persiapan untuk restorasi mahkota porselen baik pada gigi anterior maupun gigi posterior. UHMWPE sering digunakan karena sifatnya yang tahan terhadap air, kelembaban, zat kimia/asam dan memiliki kekuatan impak yang besar (Vitale dkk., 2004).

Beberapa cara dilakukan untuk meningkatkan adhesi *polyethylene fiber*, diantaranya dengan memodifikasi permukaannya menggunakan *plasma spray*, *flame*, etsa asam dan radiasi sinar UV (Ellakawa dkk., 2004, Teodoru dkk., 2009).

f. Serat Sisal (*Agave sisalana*)

Serat alam mudah didapatkan dengan harga yang murah, mudah diproses, densitasnya rendah, ramah lingkungan, dan dapat diuraikan secara biologi (Kusumastuti, 2009).



Gambar 1 : Tanaman Sisal (*Agave sisalana*)

Tanaman sisal dapat menghasilkan 200-250 daun, dimana masing-masing daun terdiri dari 1000-1200 bundel serat. Dari 100 kg daun sisal, serat yang dihasilkan dari dari daun tersebut sekitar 3-4 kg atau 3-4% dari berat. Berdasarkan berat kering, serat sisal terdiri dari 54-66% *selulosa*, 12-17% *hemiselulosa*, 7-14% *lignin*, 1% *pektin*, dan 1-7% *wax*(Subiyakto dkk., 2009). Serat sisal merupakan serat keras yang dihasilkan dari proses ekstraksi daun, sisal adalah tanaman perbudakan daun yang menjulang berbentuk seperti pedang dengan panjang 1,5 sampai 2 meter(Fahrurrozi, 2013).

Keuntungan menggunakan serat alami dibandingkan dengan sintetis antara lain adalah sumber yang dapat diperbaharui, lebih ringan, tidak abrasif, biaya dan energi yang diperlukan untuk memproduksi lebih sedikit (Fahrurrozi, 2013). Kelemahan serat alami adalah kekuatan impak yang rendah, daya serap air yang tinggi, daya tahan terhadap cuaca, jamur/mikroorganismen rendah, tidak tahan suhu tinggi (Subyakto dkk., 2009).

Ketebalan, panjang, dan kekuatan serat tergantung pada kedewasaan daun serta posisi serat pada daun. Serat yang paling tebal terletak pada pangkal daun. Daun tertua terletak paling dekat dengan tanah, yang mengandung serat terpanjang

dan kasar. Serat yang diekstrak dari daun yang masih muda biasanya lebih pendek, halus, dan lebih lemah (Kusumastuti, 2009). Menurut Jacob dkk., (2005) kekuatan serat alam tergantung pada kandungan selulosa, derajat *microfibril anggel* (MFA) serta *degree of polimerization* (DP).

Tiga komponen utama penyusun serat alam adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa merupakan rantai lurus dari monomer glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) yang tersambung dengan ikatan  $\beta$  1-4 glikosida. Hemiselulosa merupakan rantai bercabang dari monomer glukosa, bersifat *amorph*, hidrofilik, serta larut dalam hidrolisa asam dan basa. Lignin merupakan polimer hidrokarbon kompleks yang terdiri atas senyawa *aliphatic* dan aromatik, lignin bersifat *amorf* dan cenderung bersifat hidrofobik (Li dkk., 2007).



Gambar 2: Serat sisal(*Agave sisalana*) yang diperoleh dari hasil ekstraksi daun

Serat alam mempunyai sifat polar dan untuk mengatasi hal tersebut dilakukan alkalisasi menggunakan NaOH. Senyawa alkali akan melarutkan senyawa *amorph* seperti *hemiselulosa*, *lignin* dan *wax*, sehingga didapatkan kompatibilitas dan adhesivitas yang tinggi terhadap matrik resin (Li dkk., 2007). Perubahan polaritas serat akibat alkalisasi akan menjadi lebih hidrofobik sehingga

memungkinkan terjadinya adhesi dengan matrik resin (Jhon dan Anabdjiwala, 2008).

Tabel 1. Sifat fisik *natural fiber* (Holbery dan Houston, 2005)

Serat alam	Kekuatan tarik (MPa)	Modulus elastisitas (GPa)	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )
Kapas	287-579	5,5-12,6	1,5-1,6
<i>Jute</i>	393-773	26,5	1,3
<i>Flax</i>	345-1035	27,6	1,5
<i>Hemp</i>	690	-	-
Rami	400-938	61,4-128	-
Sisal	511-635	9,4-22	1,5

Tabel 2. Sifat fisik *synthetic fiber* (Holbery dan Houston, 2005)

<i>Fiber</i> sintetis	Kekuatan tarik (MPa)	Modulus Elastisitas (Gpa)	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )
<i>E-glass</i>	3400	72	2,62
<i>S-glass</i>	4500	85	2,5
<i>Carbon</i>	2400-3300	230-390	1,7-1,9
<i>Aramid</i>	3600-4100	62-130	1,44
<i>Polyethylene</i>	2600	117	0,97









