

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Resin Komposit

a. Pengertian Resin Komposit

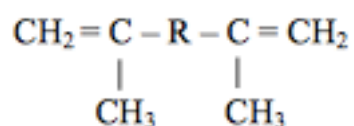
Resin komposit dapat didefinisikan sebagai gabungan dari beberapa bahan dengan sifat-sifat unggul atau lebih baik daripada bahan itu sendiri. Bahan komposit alamiah adalah email gigi dan dentin. Komponen enamelin pada email mewakili matriks organik, sementara pada dentin, matriks terdiri atas kolagen (Anusavice, 2003). Komposit biasa digunakan untuk menggantikan struktur gigi yang hilang dan memodifikasi warna kontur dan estetik dari gigi (Power & Sakaguchi, 2006).

b. Komposisi Resin Komposit

Resin komposit terdiri dari empat komponen utama yaitu matriks polimer organik, partikel *filler* anorganik, *coupling agent*, dan sistem inisiator-akselerator. Komponen tersebut ditambahkan untuk membuat sifat mekanik meningkat, koefisien ekspansi dan perubahan dimensi yang rendah serta ketahanan yang tinggi. Pigmen dan *Ultraviolet (UV) absorber* ditambahkan untuk menyesuaikan warna gigi dan meminimalkan perubahan warna karena oksidasi (Power & Sakaguchi, 2006).

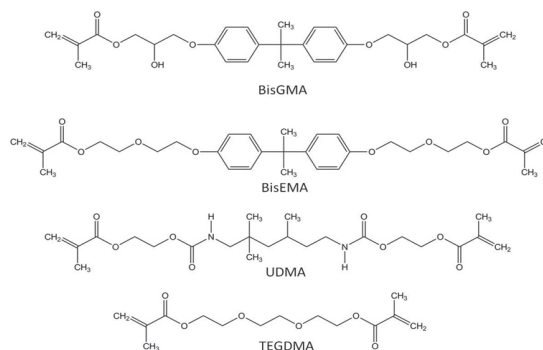
1) Matriks Organik

Matriks Organik yang banyak digunakan bahan komposit adalah campuran monomer diakrilat aromatik atau alipatik yang paling sering digunakan yaitu *bisphenol-A-glycidyl methacrylate* (Bis-GMA), *urethane dimethacrylate* (UDMA) dan *triethilen glikol dimetakrilat* (TEGDMA) secara dapat dituliskan dengan formula:



Dimana R adalah beberapa kelompok monomer organik seperti *methyl-, hydroxyl-, phenyl-, carboxyl-, dan amide-* (O'brien, 2002).

Komponen tersebut berkontribusi membuat polimer lebih efisien dan membentuk struktur ikatan silang polimer pada komposit yang menghasilkan suatu matrik tahan terhadap degradasi pelarut (Gajewski *et al*, 2012; Anusavice, 2003).



Gambar 1. Struktur Kimia Bis-GMA, UDMA dan TEGDMA (Gajewski et al, 2012)

Monomer dengan molekul tinggi, khususnya Bis-GMA memiliki viskositas tinggi yang penting untuk penanganan klinis sehingga diperlukan pengencer berupa monomer metakrilat atau monomer dimetakrilat seperti TEGDMA. Penambahan TEGDMA atau dimetakrilat dengan molekul rendah memiliki kekurangan karena akan meningkatkan pengerutan polimerisasi (Anusavice, 2003).

2) *Filler*

Filler adalah partikel bahan pengisi berupa bahan anorganik yang umumnya dihasilkan dari proses penggilingan atau pengolahan quartz atau kaca untuk menghasilkan partikel berkisar dari 0,1-100 μm . Tipe, konsentrasi, ukuran partikel dan penyebaran ukuran adalah faktor penting dalam menentukan sifat dari komposit. *Filler* yang paling sering digunakan adalah quartz, silica koloidal, dan campuran glass seperti barium atau litium alumunium silikat. Partikel pengisi anorganik pada umumnya membentuk 30% dan 70% volume atau 50-85% berat komposit (Anusavice, 2003).

Filler dapat mengurangi koefisien ekspansi termal dan polimerisasi *shrinkage* dan meningkatkan hasil estetika. Sifat fisik dan mekanis yang baik dihasilkan dari ikatan antara *filler* dan matriks yang didapatkan melalui proses perlakuan khusus terhadap *filler* yaitu dengan pemberian lapisan pada

permukaan *filler* dengan suatu bahan penghubung atau biasa disebut dengan *coupling agent* sebelum dilakukan pencampuran dengan matriks (O'Brien, 2002; Gracia *et al*, 2006).

3) *Coupling agents*

Ikatan antara partikel *filler* dan matriks didapatkan dari penggunaan campuran silikon organik atau *silane coupling agent*. Aplikasi bahan *coupling* dapat meningkatkan sifat mekanis, sifat fisik, dan juga menstabilkan hidrolitik dengan mencegah air menembus permukaan *filler* dan matriks. Ikatan yang terjadi akan membuat matriks resin menyalurkan tekanan kepada partikel *filler* (Anusavice, 2003; O'Brien, 2002).

Ikatan ganda pada molekul *silane* juga akan bereaksi dengan matriks polimer selama polimerisasi. Terbentuknya ikatan antar *filler* dan matriks akan membuat terjadinya distribusi tekanan yang dapat dikendalikan. Ikatan tersebut membentuk material yang mempunyai sifat yang lebih kuat dibandingkan dengan partikel *filler* dan matriks resin sendiri, dan juga dapat meningkatkan retensi partikel *filler* selama terjadinya abrasi pada permukaan komposit (O'Brien, 2002).

4) Inisiator dan akselerator

Resin komposit dapat diaktifkan secara sinar dan kimiawi. Pada pengaktifan secara sinar tercapai karena sinar

biru dengan panjang gelombang sekitar 470 nm dimana merangsang foto-inisiator berupa camphoroquinone yang dapat menambahkan monomer sebesar 0,2%. Pengaktifan resin dengan menggunakan *visible light cure*, dapat meningkatkan kemampuan polimerisasi lapisan yang tebalnya hingga 2 mm. Reaksi dipercepat (akselerasi) oleh adanya amin organik yang mengandung ikatan rangkap karbon. Bila kedua komponen dibiarkan tidak terkena paparan sinar komponen tersebut tidak akan berinteraksi. *Camphoroquinone* akan menambah sedikit warna kuning pada pasta komposit (Power dan Sakaguchi, 2006; Anusavice, 2003).

Pengaktifan secara kimiawi tercapai pada suhu ruangan oleh amin organik yang beraksi dengan peroksida organik untuk menghasilkan radikal bebas yang menyerang ikatan rangkap karbon dan menyebabkan polimerisasi. Pada saat dua pasta dicampurkan polimerisasi akan berlangsung cepat (Power dan Sakaguchi, 2006).

5) Inhibitor

Meminimalkan atau mencegah terjadinya polimerisasi spontan dari monomer, untuk itu inhibitor ditambahkan pada sistem resin. Inhibitor ini mempunyai potensi kuat terhadap radikal bebas. Bila radikal bebas telah terbentuk, karena adanya paparan sinar saat pasta dikeluarkan dari kemasan,

inhibitor akan beraksi dengan radikal bebas, kemudian akan menghambat perpanjangan rantai dengan cara menghentikan radikal bebas untuk memulai proses polimerisasi. Inhibitor yang umum dipakai pada resin komposit adalah *butylated hydroxytoluene* dengan konsentrasi 0,01% berat (Anusavice, 2003).

6) Modifier Optik

Resin komposit harus memiliki warna visual (*shading*) dan translusensi yang dapat menyerupai struktur gigi untuk mencocokkan dengan warna gigi (Anusavice, 2003). Pigmen anorganik biasanya ditambahkan dalam jumlah sedikit untuk menyediakan warna yang sama dengan gigi. Resin komposit tersedia dalam tingkatan warna dari warna kuning sampai abu-abu. Penambahan *ultra violet* (UV) juga dapat mengurangi perubahan warna karena oksidasi (Power dan Sakaguchi, 2006).

a. Sifat Resin Komposit

Resin komposit memiliki beberapa sifat menguntungkan dimana resin komposit mempunyai konduktivitas termal baik bagi email dan dentin dibandingkan dengan amalgam. Resin komposit juga memiliki sifat mekanik yang tinggi.

Sifat merugikan yang dimiliki oleh resin komposit adalah mudah terjadinya penyusutan/*shrinkage*. *Shrinkage* menyebabkan

polymerization stress pada komposit dan struktur gigi, tekanan tersebut dapat mengganggu ikatan antara komposit dan gigi, dan membuat terjadinya celah yang dapat memungkinkan kebocoran tepi marjinal (Power dan Sakaguchi, 2006) ada dua teknik yang digunakan untuk mengurangi resiko *polymerization shrinkage*, yaitu dengan cara pengaplikasian *layer by layer* pada komposit yang diaktifkan secara sinar, dan pengadukan yang homogen pada komposit yang diaktifkan secara kimiawi (Anusavice, 2003).

b. Polimerisasi Resin Komposit

Proses polimerisasi dimulai oleh aktivator (kimiawi atau sinar) yang menyebabkan molekul inisiator membentuk radikal bebas. Proses polimerisasi terbagi menjadi tiga tahap, yaitu tahap inisiasi, propagasi dan terminasi (Power dan Sakaguchi, 2006).

Tahap inisiasi merupakan pembentukan radikal bebas dari suatu molekul yang diperlukan untuk tahap propagasi. Radikal dihasilkan dari inisiator radikal. Tahap propagasi merupakan tahap reaksi yang cepat karena radikal terbentuk menyerang molekul lainnya dan menghasilkan radikal baru. Monomer yang telah bereaksi dengan radikal bebas akan bereaksi dengan molekul lain sehingga terjadi perpanjangan rantai. Pada tahap ketiga, terminasi ini terjadi proses pemutusan rantai. Terminasi terjadi karena adanya reaksi penggabungan reaktan radikal yang membentuk molekul tunggal (Handayani, 2010).

Polimerisasi yang tidak sempurna secara kimiawi maupun sinar akan menyebabkan perbedaan dalam kehalusan permukaan dari resin komposit (Anusavice, 2003).

c. Klasifikasi Resin Komposit

Klasifikasi resin komposit berdasarkan ukuran *filler* partikel yaitu, resin composite makrofiller (konvensional), resin komposit mikrofiller, resin komposit hibrid, dan resin komposit nanofiller (Lindberg, 2005).

1) Resin Komposit Makrofiller

Resin Komposit jenis makrofiller sudah dikembangkan sejak tahun 1970an. Bahan pengisi yang sering digunakan untuk bahan komposit ini adalah quartz giling. Pada umumnya banyak bahan pengisinya sekitar 70%-80% berat atau 60%-65% volume. Ukuran partikelnya sebesar 50 μ m dan mempunyai permukaan yang kasar. Komposit ini lebih tahan abrasi dibandingkan komposit tanpa *filler* (Anusavice, 2003).

2) Resin Komposit Mikrofiller

Pada resin komposit mikrofiller, partikel individu berukuran 0,04 μ m, partikel tersebut 200-300 lebih kecil dibandingkan dengan rata-rata partikel resin komposit makrofiller. Bahan pengisi resin komposit mikrofiller adalah partikel silika koloidal dimana untuk mengatasi permukaan yang kasar pada resin komposit makrofiller. Komposit

mikrofiller memiliki sifat mekanik dan fisik yang kurang baik jika dibandingkan dengan komposit makrofiller (Anusavice, 2003)

3) Resin Komposit Hibrid

Resin komposit hibrid diperkenalkan sebagai alternative dari masalah polimerisasi *shrinkage*. Komposit hibrid mengandung *filler* partikel sebesar 15-20 μm dan silika koloid dengan ukuran partikel 0,01-0,05 μm (Lindberg, 2005).

Anusavice (2003) mengemukakan bahwa resin komposit lain yang memiliki kandungan dua atau lebih *filler* dengan ukuran partikel yang berbeda dapat dikategorikan sebagai resin komposit hibrid.

4) Resin Komposit Nanofiller

Resin komposit *nanofiller* mempunyai partikel *filler* yang sangat kecil (0,005-0,01 μm). Ukuran partikel *filler* yang sangat kecil ini juga memudahkan proses pemolesan dan mempunyai hasil akhir yang lebih baik. Sifat mekanik yang juga meningkat sehingga dapat diaplikasikan pada anterior maupun posterior (Gracia *et al*, 2006).

2. Bahan Adhesif

Bahan adhesif modern terdiri dari 3 komponen utama yaitu etsa, primer dan *adhesive*, tujuan utama penggunaan bahan adhesif salah satunya adalah untuk meningkatkan kekuatan perlekatan antara

resin dan permukaan gigi. Etsa yang biasa digunakan adalah asam fosforik 37%. Primer mengandung bahan monomer yang berfungsi memudahkan perlekatan resin komposit pada permukaan gigi. *Adhesive* memiliki komponen yang hidrofobik dan memiliki peranan penting dalam menghasilkan ikatan antara dentin dan komposit (Powers, 2008).

a. Bahan Adhesif berdasarkan Tahapan Prosedur

Menurut (Kakar *et al*, 2011) Berdasarkan perkembangan bahan adhesif dibagi menjadi 8 tipe, sedangkan berdasarkan tahapan prosedur kerjanya bahan adhesif dibagi menjadi 3 tipe, yaitu:

1) 3 steps bonding agent

Aplikasi etsa, primer dan *adhesive* dilakukan secara simultan dan terpisah.

2) 2 steps bonding agent

Etsa dan primer atau primer dan *adhesive* berada dalam satu kemasan, sementara etsa/*adhesive* diaplikasikan secara terpisah.

3) 1 step bonding agent

Etsa, primer, dan *adhesive* berada dalam satu kemasan.

Bahan adhesif pada umumnya diklasifikasikan menurut sistem etsanya yaitu *total etch system/rinse technique* dan *self etch system/non rinse technique*. Bahan adhesif *total-etch*

memiliki prosedur etsa yang terpisah dari komponen primer dan adhesivanya sementara jenis *self-etch* memiliki komponen monomer asam dalam primernya sehingga prosedur etsa tidak dilakukan.

b. Ikatan Komposit pada Email dan Dentin

Adhesi atau ikatan (*bonding*) pada kedokteran gigi mencakup banyak hal, tetapi aplikasi ikatan pada email dan dentin adalah yang paling sering terjadi. *Bonding* pada email terjadi karena retensi mikromekanik setelah etsa asam digunakan untuk menghapus *smear layer* dan melarutkan kristal hidroksiapatit pada permukaan luar *interface* dimana akan memunculkan *microtags* atau permukaan tidak teratur pada email. *Microtags* yang banyak terbentuk akan berkontribusi pada sebagian besar retensi mikro-mekanik.

Bonding pada dentin terdiri dari tiga proses: *etching* (*conditioning*), *priming*, and *bonding*. Dentin berisi air yang lebih banyak daripada email, sehingga lebih hidrofilik. Untuk mengatasi masalah dentin hidrofilik, primer memiliki komponen hidrofilik yang dapat membasahi dentin dan menembus permukaan. Tujuannya adalah untuk menghasilkan *microtags* untuk adhesi mikro-mekanik (Power dan Sakaguchi, 2006).

3. Sisal

a. Pengertian Sisal

Tanaman sisal (*Agave sisalana*) merupakan tanaman yang batang dan daunnya menyatu, mempunyai serat yang kuat, kekuatannya lebih baik dibandingkan dengan serat lainnya. Tanaman sisal sebagian besar diusahakan di lereng-lereng bukit berkapur dan beriklim kering (Basuki dan Verona, 2017). Sisal merupakan salah satu serat alam yang paling banyak digunakan dan paling mudah dibudidayakan (Kusumastuti, 2009).

Menurut (Rojas *et al*, 2015) daun nanas dan jerami merupakan sumber yang baik karena melimpah, proses pembuatannya murah, dan mengandung selulosa yang tinggi 60%-70%. Serat sisal adalah bahan yang kuat, tahan lama, stabil, serbaguna dan telah diakui sebagai sumber serat penting untuk komposit (Kumaresan *et al*, 2015).

Serat selulosa terdiri dari *microfibrils/elementary fibrils* sebagai unit struktural dasar. Serat-serat ini memiliki diameter sekitar 2-20 nm dan tambahan beberapa mikrometer. Ada sekitar 30 sampai 100 rantai selulosa pada setiap nanofiber, dimana rantai selulosa terstruktur secara teratur (*crystalline*) dan juga terdapat rantai yang tidak tersusun teratur (*amorphous*). Setiap mikrofibril terdiri dari nanokristal selulosa yang bertautan dengan selulosa nanofiber. Nanokristal selulosa digambarkan seperti

daerah kristal berbaris yang menunjukkan bentuk seperti batang, sedangkan struktur selulosa nanofiber berbentuk seperti jaring dan rasio panjang berdiameter sangat tinggi (Rojas *et al*, 2015).



Gambar 2. Tanaman *Agave sisalana*

b. Komposisi Sisal

Tanaman sisal dapat menghasilkan 200-250 daun, dimana masing-masing daun terdiri dari 100-1200 bundel serat yang mengandung 4% serat, 0,75% kutikula, 8% material kering, dan 87.25% air. Variasi komposisi dari serat sisal dikarenakan oleh perbedaan asal, umur, dan metode pengukuran yang digunakan (Kusumastuti, 2009).

Sisal berisi tiga jenis serat berupa mekanik, *ribbon*, dan *xylem*. Serat mekanis sebagian besar didapatkan dari pinggiran daun. Serat mekanis adalah serat yang memiliki bentuk kasar seperti tapal kuda dan jarang membagi selama proses ekstraksi, mereka adalah serat sisal yang paling berguna. Serat *ribbon* terbentuk pada bagian tengah daun, dan mempunyai kekuatan mekanik yang cukup besar. Struktur jaringan *ribbon* sangat kuat dan merupakan bagian serat terpanjang. Dibandingkan dengan

serat mekanis, serat *ribbon* lebih mudah dipisahkan secara longitudinal selama proses berlangsung. Serat *xylem* memiliki bentuk tidak beraturan dan terletak di seberang serat *ribbon*. Serat *xylem* terdiri dari sel berdinding tipis oleh karena itu mereka mudah rusak dan hilang selama proses ekstraksi (Ahmad, 2011).

Serat alam dapat dimanfaatkan sebagai *filler* alternatif untuk komposit polimer karena keunggulannya dibanding serat sintesis. Manfaat serat sisal sebagai komposit telah digunakan dalam bidang otomotif, konstruksi dan juga sebagai bahan pembuatan tali, benang, karpet dan kerajinan, karena jauh lebih murah dan ramah lingkungan (Kusumastuti, 2009).

1) Proses pembuatan serat sisal

Serat sisal diperoleh melalui beberapa proses. Proses pertama sisal dipotong menggunakan *grinder* dengan rotasi 1400-1500rpm sampai diperoleh partikel halus. Proses selanjutnya adalah serat direndam dalam larutan natrium hidroksida 4% pada suhu 80 °C selama 2 jam sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*. Setelah itu dilakukan *bleaching* dengan menggunakan larutan buffer asetat (27 gram NaOH dan 5ml asam *acetic glacial*, diencerkan dalam 1L akuades) dan larutan *aqueous chlorite* (1.7 wt% NaClO₂ dalam air). Bleaching dilakukan pada suhu 80 °C selama 4 jam sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*. Kemudian serat di keringkan

dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam. Serat kering tersebut akan dihaluskan dengan *grinder*. Selanjutnya dilakukan hidrolisis pada asam pada suhu 50 °C selama 50 menit dengan menggunakan 65wt% sulphuric *acid* sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*.

Suspensi yang dihasilkan akan diencerkan dengan balok es untuk menghentikan reaksi. Kemudian dilakukan *centrifugasi* pada suhu 10 °C dengan kecepatan 5000rpm selama 30 menit. Setelah itu dilakukan analisis pada akuades untuk menghilangkan asam bebas pada dispersi. Dispersi yang sempurna dari *nano whisker* didapatkan pada tahap sonifikasi. Dispersi disaring dengan kertas saring nomor 1 untuk menghilangkan sisa agregat, kemudian serat dikeringkan dengan menggunakan *freeze drier* (Ahmad, 2011).

4. Ikatan *Filler* Nanosisal dengan Matriks Resin

Adhesi didefinisikan sebagai seberapa baik dua bahan yang berbeda dapat menempel. Adhesi antara *fiber* dan matriks mempunyai peran penting dalam sifat mekanik (Ilomaki, 2011).

Ada beberapa ikatan yang dapat terjadi pada *interface bonding* antara natural *fiber* (nanosisal) yaitu:

a. Mechanical Bonding

Mechanical bonding adalah mekanisme ikatan yang saling mengunci antara dua permukaan resin dan serat yang kasar namun beban harus paralel terhadap *interface*.

b. Electrostatic Bonding

Electrostatic bonding disebabkan adanya gaya tarik antara dua permukaan yang berbeda muatan listrik pada skala atomik. Ikatan ini akan sempurna bila tidak ada gas pada permukaan serat.

c. Chemical Bonding

Chemical Bonding terjadi karena adanya energi yang bersifat kimia. Ikatan ini didapatkan dari sekumpulan ikatan kimia yang bekerja pada luas penampang serat.

Interface dan *interphase* memiliki arti berbeda dimana *interface* sebagai dua dimensi antara serat dan matriks yang memiliki ketebalan 0, sedangkan *interphase* menentukan daerah polimerik yang mengelilingi serat. Perbedaan utama keduanya adalah efeknya pada ikatan antara serat dan matriks. *Interface* yang kuat dapat membuat beban eksternal dapat distribusi dengan baik walaupun ada serat yang rusak (Ilomaki, 2011).

Polimer *epoxy* resin yang sering digunakan adalah *bisphenol A diglycidyl ether*. Nanosisal dan polimer *epoxy* dapat berikatan dengan baik karena merupakan bahan organik. *Bisphenol A diglycidyl ether* memiliki cincin *epoxy* yang akan bereaksi dengan bahan kimia yang

mempunyai struktur berbeda, seperti alkohol, amina, asam karboksilat, dan lain-lain, sehingga *biphenol A diglycidyl ether* dapat berfungsi sebagai *coupling agent*. *Bisphenol A diglycidyl ether* dapat merubah permukaan hidrofilik serat menjadi hidrofobik sehingga mampu mencegah penyerapan air masuk kedalam ikatan serat dan matriks (Akil *et al*, 2011; In *et al*, 2005).

Coupling agents dapat diberikan agar dapat meningkatkan *cross-linking* pada bagian *interface* dan menawarkan ikatan yang lebih baik antara serat alami dan matriks. *Mercerization* atau alkalisasi dapat dilakukan untuk memperbaiki sifat alami serat, dengan cara memecah serat menjadi diameter yang lebih kecil, hal tersebut juga dapat membuat ikatan serat alami dan matriks menjadi lebih baik (Ilomaki, 2011).

B. Landasan Teori

Resin komposit merupakan salah satu bahan restorasi yang banyak digunakan karena sifatnya yang tidak mudah larut, estetik, tidak peka terhadap dehidrasi, tidak mahal, dan relatif mudah untuk dimanipulasi. Resin komposit terdiri dari 3 bagian yaitu, matriks resin, partikel *filler* (bahan pengisi) anorganik, dan *silane coupling agent* didalam partikel *filler* untuk membuat ikatan yang baik antara matriks dan *filler*.

Resin komposit dibagi berdasarkan komposisi dan ukuran *filler* yaitu, komposit makrofiller, resin komposit mikrofiller, resin komposit

hibrid, resin komposit *nanofiller*. Komposit *nanofiller* memiliki estetika yang lebih baik jika dibandingkan dengan komposit mikrofiller dan juga meningkatkan sifat mekanik seperti kekuatan tarik, kekuatan tekan, dan ketahanan fraktur. Komposit dengan *filler* akan memiliki kekuatan mekanis yang lebih baik dibandingkan dengan resin komposit tanpa *filler*.

Filler yang biasa digunakan dalam kedokteran gigi adalah kuarsa, silika, dan banyak tipe dari material *glass*, termasuk *aluminosilicates* dan lainnya. Material *glass* pada resin komposit mempunyai beberapa kekurangan. Produksi material *glass* merupakan proses intensif energi yang sangat bergantung pada bahan fosil. Selain itu, emulsi polutan yang dihasilkan dari produksi material *glass* sangat tinggi, sehingga memiliki dampak tidak baik bagi kesehatan dan lingkungan. Oleh karena itu, resin komposit serat alami mulai banyak diminati dan dikembangkan.

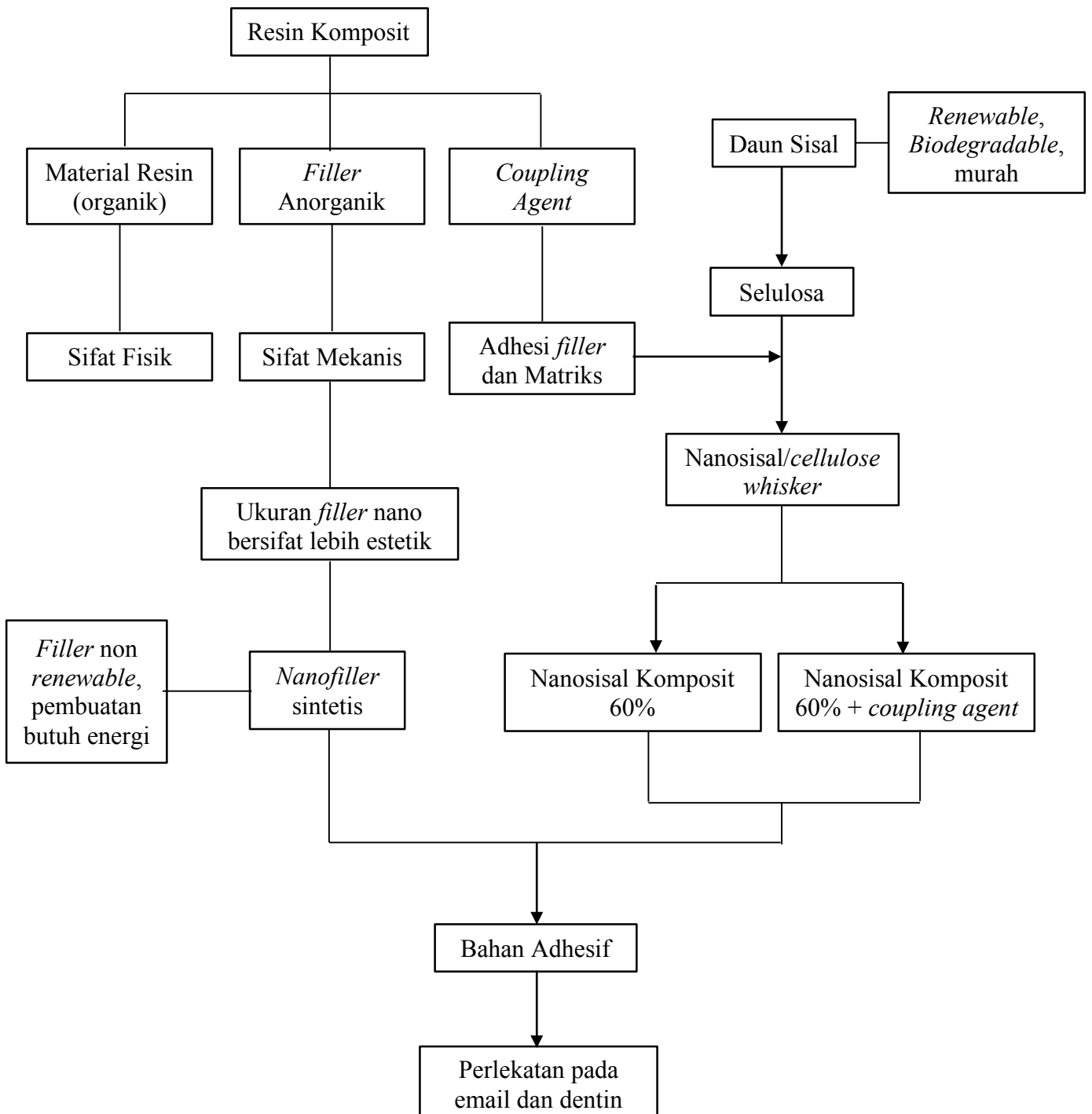
Penggunaan serat alam di bidang kedokteran gigi saat ini masih jarang. Serat alam atau *cellulose nanofiber* (CNF) bisa didapatkan dari berbagai macam tanaman, seperti eceng gondok, jerami, rumput, gandum, bambu, daun nanas dan alga. Salah satu serat alam atau *cellulose nanofiber* (CNF) bisa digunakan yaitu serat sisal (*Agave sisalana*) merupakan sumber serat alam yang baik karena murah, melimpah, dan mempunyai kandungan selulosa yang tinggi (60-70%). Serat sisal memiliki densitas yang rendah, kekuatan spesifik dan modulus tinggi, serta penguat polimer yang efektif sehingga bisa digunakan sebagai komposit. Serat sisal diperoleh dengan dilakukan alkalisasi terlebih dahulu dengan

menggunakan NaOH. Setelah itu, sisal dibuat dalam ukuran nano melalui tiga tahap proses, yaitu: *scouring*, *bleaching* dan ultrasonifikasi, sehingga diperoleh nanosisal/*cellulose whiskers*.

Ikatan nanosisal *filler* dengan matriks terjadi karena polimer *epoxy* merupakan bahan organik oleh karena itu kedua bahan dapat berikatan 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*. *Bisphenol A diglycidyl ether* dapat berfungsi sebagai *coupling agent* karena memiliki cincin *epoxy* yang akan bereaksi dengan bahan kimia dengan struktur yang berbeda. *Bisphenol A diglycidyl ether* akan merubah permukaan hidrofilik serat menjadi hidrofobik sehingga mampu mencegah penyerapan air masuk ke dalam ikatan serat alami dan matriks.

Resin komposit memiliki sifat mekanis yaitu kekuatan tekan, kekerasan, tekanan geser dan tekanan fleksural. Selain itu resin komposit merupakan bahan restorasi adhesif yang dapat berikatan dengan jaringan keras gigi melalui dua sistem *bonding* (ikatan), yaitu ikatan pada email dan dentin.

C. Kerangka Konsep



Gambar 3. Kerangka Konsep

D. Hipotesis

Terdapat perbedaan gambaran mikroskopis perlekatan antara komposit nanosisal 60%, komposit nanosisal 60% ditambah *coupling agent* dan komposit *nanofiller* pada email dan dentin.