

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Resin Komposit

a. Pengertian

Resin komposit adalah bahan restoratif yang sewarna dengan gigi. Bahan resin komposit semakin digunakan dalam kedokteran gigi sebagai pengganti bahan restorasi amalgam perak, kemungkinan besar karena bahan resin komposit dinilai estetik yang tinggi dan kekhawatiran meningkat tentang keamanan menggunakan bahan restorasi amalgam (Fallis, 2015).

Menurut (Oroh dkk., 2013), komposit adalah suatu material yang terbentuk dari dua atau lebih material pembentuknya yang dikombinasi melalui campuran yang tidak homogen dari sifat mekanik dari masing - masing material pembentuknya berbeda.

b. Komposisi Resin Komposit

Komponen bahan resin komposit mempunyai kandungan utama yaitu matriks resin dan partikel pengisi anorganik. Suatu bahan *coupling (silane)* diperlukan untuk memberikan ikatan antara matriks resin dan bahan pengisi anorganik dan juga diperlukan aktivator-inisiator untuk polimerisasi resin. Untuk menambah stabilitas warna ditambahkan sejumlah kecil bahan yang menyerap sinar ultraviolet dan bahan penghambat seperti *hidroquinon* untuk mencegah polimerisasi dini.

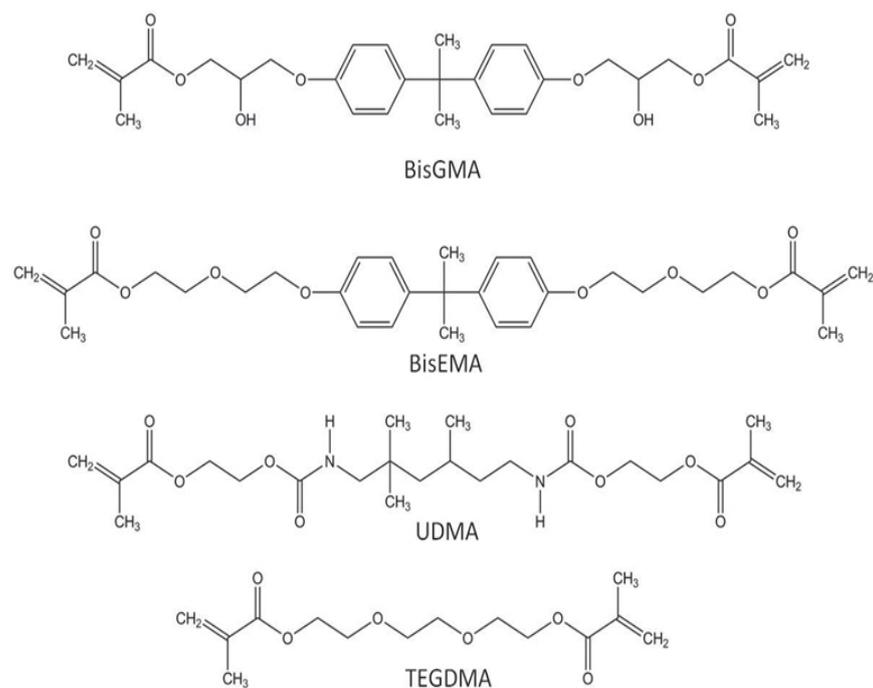
Komposit harus mengandung pigmen untuk memperoleh warna yang cocok dengan struktur gigi (Anusavice, 2004). Komponen-komponen tersebut diantaranya:

1) **Resin Matriks**

Kebanyakan bahan komposit kedokteran gigi menggunakan monomer yang merupakan diakrilat aromatik atau alipatik. Bis-GMA, urethan dimetakrilat (UEDMA) dan trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) adalah dimetakrilat yang umum digunakan dalam komposit gigi (Anusavice, 2004). Perubahan monomer kimia yang pada awalnya ditujukan untuk meningkatkan keberhasilan sistem berbasis metakrilat sudah secara klinis memodifikasi Bowen monomer (Bis-GMA:2,2-bis[4-(2-hidroksi-3-methoxypropoxy)fenil]propana) dan UDMA (uretan metakrilat) yang dikembangkan oleh Foster dan Walker untuk membuat monomer dengan viskositas lebih rendah, seperti hidroksil bebas Bis-GMA dan UDMA (Ilie & Hickel, 2011).

Bis-GMA merupakan polimer monomer paling umum digunakan untuk resin komposit pada gigi. Untuk meningkatkan kinerja pengolahan Bis-GMA, biasanya ditambahkan ekstra polimer monomer seperti TEGDMA untuk mencairkan viskositas resin komposit. Sehingga dalam sistem resin multifase ini, Bis-GMA memainkan peran penting dalam mengurangi penyusutan volumetrik, meningkatkan reaktifitas komposit dan meningkatkan tingkat

konversi dari ikatan ganda sampai batas tertentu. Penyusutan polimerisasi kecil, proses pengolahan yang baik, ketahanan terhadap lelah, ketangguhan terhadap retak yang tinggi dan kuat tekan, koefisien konduksi panas yang rendah, dan kapasitas untuk memenuhi persyaratan estetika pada gigi beberapa karakteristik penting untuk komposit yang diinginkan (Li dkk., 2014).



Gambar 1. Resin Bis-GMA, UDMA digunakan sebagai basis resin, sementara TEGDMA digunakan sebagai pengencer (Gajewski, 2012).

2) Partikel bahan pengisi (*filler*)

Filler (bahan pengisi) terbuat dari *quartz*, keramik dan *silica* (Zimmerli et al., 2010). Saat ini, sebagian *filler* komposit mempunyai ukuran dengan diameter rata-rata 0,2 sampai 3 μm (partikel halus)

atau 0,04 μm (partikel paling halus) (Craig dkk., 2004). Ukuran partikel *filler* yang bergabung dalam matriks resin komposit gigi komersial telah terus menurun selama bertahun-tahun dari tradisional ke bahan nanokomposit. *Filler* tidak hanya secara langsung menentukan sifat mekanik dari material komposit tetapi juga memungkinkan pengurangan isi monomer dan akibatnya penyusutan polimerisasi, mengoptimalkan pemakaian, tembus, *opalescence*, radiopak, kekasaran permukaan intrinsik dan dengan demikian pemakaian poles, serta meningkatkan estetika dan meningkatkan penanganan properti. Semakin kecil ukuran partikel, *gloss* dan polish semakin baik, namun pengurangan ukuran *filler* dan peningkatan berikutnya dalam luas permukaan terhadap volume telah membatasi *filler* muat dicapai, sehingga penurunan dalam penanganan dan sifat mekanik (Ilie & Hickel, 2011).

3) **Bahan pengikat (*coupling agent*)**

Ikatan antara matriks resin dan *filler* diperoleh dengan adanya bahan *coupling*. Aplikasi bahan *coupling* yang tepat dapat meningkatkan sifat mekanis dan fisik serta memberikan kestabilan hidrolitik dengan mencegah air menembus sepanjang antar-muka bahan pengisi dan resin. Meskipun titanat dan zirkonat dapat dipakai sebagai bahan *coupling*, organosilan seperti (γ -metakriloksipropiltrimetoksi *silane* lebih sering digunakan). Pada tahap hidrolisis ini, *silane* mengandung gugus silanol yang dapat

berikatan dengan silanol pada permukaan bahan pengisi melalui pembentukan ikatan *siloxane* (S–O–S) (Anusavice, 2004).

4) Sistem aktivator-inisiator

Sistem utama yang digunakan untuk mencapai polimerisasi adalah sistem penyinaran. Dalam sistem ini, komposit dipolimerisasi oleh paparan dari intens cahaya biru. Cahaya menyerap oleh diketon dengan adanya amina organik lalu dimulai reaksi polimerisasi (Craig dkk., 2004).

a) Resin yang diaktifkan secara kimia

Bahan ini diaktivasi tanpa melalui penyinaran tetapi melalui secara kimia yang dipasok dalam 2 pasta yaitu bahan yang mengandung inisiator benzoil peroksida dan bahan aktivator amin tersier (*N,N-dimetil-p-toluidin*) (Anusavice, 2004).

b) Resin yang diaktifkan dengan sinar

Penyinaran pertama yang diaktifkan menggunakan sinar ultra violet untuk merangsang radikal bebas. Komposit yang diaktifkan dengan sinar dan radikal bebas akan bereaksi terdiri atas molekul foto-inisiator dan aktivator amin, bila kedua komponen tersebut tidak terpapar sinar akan tidak berinteraksi. Namun, pemaparan terhadap sinar dengan panjang gelombang yang tepat (468 nm) merangsang fotoinisiator. Fotoinisiator yang umum digunakan adalah *camporquinone*, yang memiliki penyerapan berkisar 400 dan 500 nm yang terdapat pada regio

biru dari spektrum sinar tampak. Ada sejumlah aselerator amin yang cocok untuk berinteraksi dengan *camphoroquinone* seperti *dimetilaminoetil metakrilat* dengan berat 0,15% (Anusavice, 2004).

c. Sifat Resin Komposit

1) Sifat Fisik

a) Polimerisasi *Shrinkage*

Selama *curing* komposit sebagai monomer yang digunakan untuk mendapatkan konversi kepolimer ada penumpukan stress yang tinggi dalam restorasi sehingga menarik dari permukaan gigi dan menyebabkan sensitivitas pasca operatif (Patodiya & Hegde, 2012). Penyusutan komposit pada saat polimerisasi tergantung pada jenis resin yang digunakan. Secara umum, hasil proporsi yang tinggi dari *filler* kaca yang penyusutan akhir lebih rendah, seperti *filler* berukuran mikro yang disebabkan penggunaan kedua partikel prepolimerisasi yang mungkin sebagai *filler* yang sangat penuh sebagai sistem partikel kaca (Noort, 2002).

b) Diskolorisasi

Setelah diamati bahwa banyak penyerapan air pada komposit konvensional yang dikarenakan sebagai penyebab perubahan warna pada *permukaan*. Seperti monomer padat (Bis-GMA dan UDMA) tidak bisa menahan partikel *filler* yang

terpaku pada bahan monomer padat untuk jangka waktu yang lebih lama sehingga menyebabkan berongga dan cacat pada permukaan (Patodiya & Hegde, 2012).

c) *Working and Setting Time*

Polimerisasi dimulai ketika komposit yang pertama terkena cahaya. Kekakuan berlangsung dalam hitungan detik setelah terpapar cahaya dengan intensitas tinggi dari sumber penyinaran. Meskipun restorasi komposit tampak keras dan setelah terpapar sepenuhnya oleh sumber penyinaran, reaksi penyinaran terus selama 24 jam (Powers & Sakaguchi, 2006).

2) Sifat Mekanis

a) Modulus Elastisitas

Kekuatan lentur dan tekan dari berbagai komposit itu sama. Kekuatan lentur dan modulus elastisitas dari komposit mikrofiller dan komposit *flowable* sekitar 50% lebih rendah dari nilai-nilai untuk komposit hibrida dan komposit *packable*, yang menggambarkan persen volume *filler* rendah dalam komposit mikrofiller dan komposit *flowable*. Modulus elastisitas dalam kompresi adalah sekitar 62 Gpa untuk amalgam, 19 Gpa untuk dentin dan 83 Gpa untuk enamel (Powers & Sakaguchi, 2006).

b) Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik dari komposit untuk etsa enamel dan dentin adalah sama (14 sampai 30 Mpa) untuk agen bonding yang umum

digunakan. Etsa enamel dan dentin yang direkomendasikan untuk menghilangkan lapisan *smear*, yang mana hasil dari preparasi kavitas, sebelum aplikasi *bonding agent* (Powers & Wataha, 2008).

d. Klasifikasi Resin Komposit

1) Komposit Tradisional

Komposit tradisional adalah komposit yang dikembangkan selama tahun 1970-an. Komposit ini juga disebut komposit *konvensional* atau komposit berbahan pengisi makro mengapa disebut demikian karena ukuran partikel bahan pengisi relatif besar. Bahan pengisi yang paling sering digunakan untuk bahan komposit ini adalah *quartz* giling (Anusavice, 2004).

2) Komposit berbahan pengisi partikel kecil (*nanofiller*)

Komposit berbahan pengisi kecil dikembangkan dalam metode yang sudah diperbaiki memungkinkan *grinding* kaca untuk partikel yang berukuran lebih kecil (Noort, 2002). Rata-rata ukuran bahan pengisi untuk komposit berkisar 1-5 μm , dan komposit berbahan pengisi partikel kecil umumnya mengandung bahan pengisi anorganik yang lebih banyak (80% berat dan 60-65% volume) (Anusavice, 2004). *Filler* yang berukuran lebih kecil memberikan bahan komposit mudah untuk dipoles dan menghasilkan permukaan yang halus dibandingkan dengan partikel yang lebih besar (Noort, 2002).

3) Komposit berbahan pengisi mikro

Pada akhir tahun 1970-an, komposit *microfiller* sudah dipasarkan. Ukuran partikel komposit mikrofiller jauh lebih kecil dari pada komposit makrofiller (0.03-0,5 μm) (Gladwin & Bagby, 2004). Komposit berbahan pengisi mikro memiliki sifat fisik dan mekanik yang kurang dibandingkan komposit tradisional. Hal ini sudah diperkirakan, karena 50-70% volume bahan restorasi dibuat dari resin. Jumlah resin yang lebih banyak dibandingkan dengan bahan pengisi menyebabkan penyerapan air yang lebih tinggi, koefisien ekspansi termal yang lebih tinggi, dan penurunan modulus elastisitas (Anusavice, 2004).

4) Komposit Hibrid

Jenis komposit ini dikembangkan pada akhir tahun 1980-an dan disebut komposit hibrid. Komposit hibrida sangat populer, kekuatan dan ketahanan abrasi yang dapat diterima untuk restorasi kecil sampai sedang kavitas kelas I dan II (Gladwin & Bagby, 2004). Komposit hibrid dipandang sebagai bahan yang memiliki estetika setara dengan komposit berbahan pengisi mikro untuk penggunaan gigi anterior. Seperti dilihat dari namanya, ada 2 jenis partikel pengisi dalam komposit hibrid. Kebanyakan bahan pengisi hibrid modern terdiri atas silika kolodial dan partikel kaca yang dihaluskan, yang mengandung logam berat, yang mengisi kandungan bahan pengisi sebesar 75-80% (Anusavice, 2004).

5) **Komposit *Packable***

Komposit *Packable* dirancang untuk berhubungan erat dengan kekentalan untuk memberi rasa pada sisipan, mirip dengan amalgam. Meningkatnya viskositas dan resistensi terhadap kemas, beberapa perpindahan lateran matriks band adalah mungkin (Heymann dkk., 2011).

6) **Komposit *Flowable***

Komposit *flowable* umumnya memiliki kandungan *filler* yang lebih rendah dan sifat fisik rendah akibatnya ketahanan aus rendah dan kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan isi komposit yang lebih berat. Komposit *flowable* lebih sering terjadi penyusutan polimerisasi yang lebih tinggi (Heymann dkk., 2011).

2. Sisal (*Agave Sisalana*)



Gambar 2. Tanaman sisal (*Agave Sisalana*)

Sisal (*Agave Sisalana Perrine*) termasuk dalam famili *Agavaceae*, merupakan tanaman monokotil yang berasal dari Meksiko. Sisal digunakan sebagai kepentingan ekonomis yang besar karena dianggap sebagai sumber penting dari serat keras di daerah semi-kering. Namun, sebagian kecil dari daun sisal digunakan untuk produksi serat dalam rangka untuk memanfaatkan

sisal, limbah sisal telah digunakan sebagai pupuk organik, pakan ternak serta bahan baku untuk obat (Wang dkk., 2014). Limbah sisal terdiri dari air, jaringan parenkim, selulosa, serat berbagai ukuran, senyawa anorganik dan komponen yang berhubungan dengan metabolisme primer dan sekunder (Botura dkk., 2013).

Karakteristik dari serat sisal tergantung pada sifat dari konstituen individu, struktur fibril dan matriks lamellae. Serat terdiri dari banyak sel serat fusiform yang memanjang dan lancip terhadap ujungnya. Sel serat dihubungkan dengan cara lamellae tengah yang terdiri dari hemiselulosa, lignin dan pektin (Joseph dkk., 1999). Serat sisal memiliki waktu pembaharuan yang singkat, tersedia yang sangat luas, mudah dibudidayakan dan biaya rendah, terkait dengan karakteristik fisik dan mekanis yang sangat baik (Ahmad, 2011).

Menurut Joseph dkk. (1999), satu tumbuhan sisal yang baik dapat menghasilkan 200 daun sisal. Satu daun sisal mempunyai berat 600g dapat menghasilkan *fiber* sekitar 3% dari jumlah berat daun itu dengan setiap daun memiliki sekitar 1000 *fiber*. Serat lignoselulosa telah digunakan sebagai bahan penguat matriks polimer. Sisal dibutuhkan dalam komposit tertentu karena memiliki kekuatan impak yang tinggi selain mempunyai kekuatan tarik yang sedang dan sifat lentur dibandingkan dengan serat lignoselulosa lainnya.

Komposisi dari daun sisal mengandung 4% serat, 0,75% kutikula, 8% material kering dan 87,25% air. Komposisi kimia serat sisal mengandung

78% sellulosa, 8% lignin, 10% hemi-selulosa, 2% wax, 1% ash dan 21-24% pentosan (Kusumastuti, 2009).

Pembuatan nanosisal memiliki beberapa tahap pertama alkalisasi menggunakan NaOH untuk meningkatkan sifat mekanis. Setelah alkalisasi, sisal dibuat dalam ukuran nano melalui beberapa tahap yaitu *scouring*, *bleaching* dan ultrasonifikasi, sehingga diperoleh nanosisal/*cellulose whiskers* (Ahmad, 2011).

3. Mekanisme Adhesi Matriks Resin Komposit dengan *Filler* Nanosisal

Polimer merupakan bahan resin yang biasa digunakan sebagai matrik komposit dan mempunyai beberapa jenis diantaranya termoset dan termoplastik. Resin termoset yang biasa digunakan dalam dunia industri adalah *epoxy*, *polyester*, *vinylester*, *phenolics* (Betan & As, 2014).

Epoxy resin yang umum digunakan adalah *diglycidil eter bisphenol A* (DGEBA), *resin novolak*, *resin epoxy cycloaliphatik*, *resin brominate*, *epoxidized olefins*, *Epon^R*, *Epikote^R* (Sheet, 1989).

Cincin epoksi dapat bereaksi dengan bahan kimia struktur yang berbeda, terutama yang telah diaktifkan atom hidrogen seperti alkohol, amina, asam karboksilat dan lain-lain (In dkk., 2005).

Polimer epoxy dan nanosisal merupakan bahan organik. Kedua material tersebut dapat berikatan dengan baik karena keduanya merupakan material organik. Beberapa jenis ikatan yang dapat terjadi pada *interface bonding* polimer *epoxy* dan serat alami adalah *mechanical bonding* yang merupakan mekanisme ikatan yang saling mengunci terjadi pada dua permukaan yaitu

resin dan serat yang kasar namun beban harus paralel terhadap *interface*. *Electrostatic Bonding* salah satu jenis ikatan terjadi akibat adanya gaya tarik antara dua permukaan yang berbeda muatan listrik pada skala atomik. Namun ikatan ini akan sempurna bila tidak ada kehadiran gas pada permukaan serat dan ikatan yang terakhir adalah *chemical bonding* yang terjadi akibat adanya energi yang lebih bersifat kimia. Besarnya ikatan ini diperoleh dari sekumpulan ikatan kimia yang bekerja pada luas penampang serat sesuai jenis ikatan kimia yang ada pada serat maupun resin (Betan & As, 2014).

4. Kekuatan *Flexural*

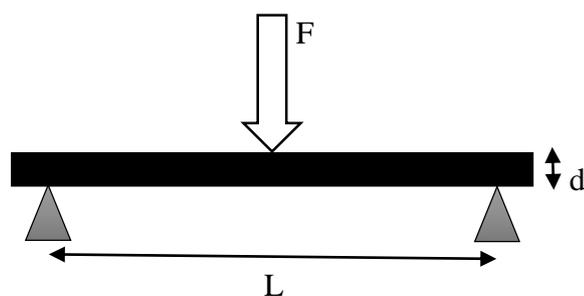
Kekuatan *flexural* adalah kemampuan suatu bahan restorasi menahan gaya *flexural*. Kekuatan gaya *flexural* merupakan kombinasi dari gaya tarik dan kompresi (Mozartha dkk., 2010). Kekuatan *flexural* mempunyai kemampuan maksimal dari suatu bahan untuk menekuk hingga bahan tersebut patah (Wang dkk., 2003).

Kekuatan *flexural* dapat diukur menggunakan alat *universal testing machine* dengan kelajuan tekan 1mm/menit dan jarak antara kedua penyangga 20mm sesuai dengan standart ISO 10477 (Mosharraf & Givechian, 2012). Kekuatan *flexural* dapat diukur dengan menggunakan spesimen dengan ukuran panjang 25mm, lebar 2mm, dan tinggi 2mm (ISO 9917-2) (Wang dkk., 2003). Kekuatan *flexural* material diperoleh ketika salah satu beban balok sederhana, hanya didukung (tidak tetap) disetiap akhir, dengan beban yang diterapkan di tengah. Kekuatan tersebut dapat diukur dengan metode *three point bending test* (3PB) dan tegangan maksimum yang

diukur dalam tes ini disebut kekuatan lentur. Uji kekuatan *flexural* untuk beberapa bahan kedokteran gigi terdapat dalam tabel 1. Uji kekuatan lentur sangat berguna dalam membandingkan bahan berbasis gigi tiruan di mana stres jenis ini diterapkan pada spesimen gigi tiruan akrilik dengan beban pengunyahan. Tes ini menentukan tidak hanya kekuatan material yang ditunjukkan, tetapi juga jumlah distorsi diharapkan (Powers & Sakaguchi, 2006).

Material	Kekuatan <i>flexural</i> (MPa)
<i>Resin composite</i>	139
<i>Lathe-cut amalgam</i>	124
<i>Feldspathic porcelain</i>	65
<i>High-strength stone</i>	17
<i>Resin modified glass ionomer</i>	42-68
<i>Resin cement</i>	66-121

Tabel 1. Kekuatan *Flexural* dari bahan kedokteran gigi yang terpilih (Powers & Sakaguchi, 2006).



Gambar 3. Skematik *three-point bending test* (Powers & Sakaguchi, 2006).

B. Landasan Teori

Resin komposit adalah bahan restoratif yang sewarna dengan gigi. Bahan tumpatan restoratif digunakan dalam kedokteran gigi diperlukan untuk memiliki daya tahan jangka panjang dalam rongga mulut. Komponen bahan resin komposit mempunyai kandungan utama yaitu matriks resin dan partikel pengisi anorganik. Suatu bahan *coupling (silane)* diperlukan untuk memberikan ikatan antara matriks resin dan bahan pengisi anorganik.

Sifat resin komposit yaitu sifat fisik yang termasuk *polymerisasi shrinkage* penyusutan komposit pada saat polimerisasi tergantung pada jenis resin yang digunakan. *Discolorisasi* setelah diamati bahwa banyak penyerapan air pada komposit konvensional yang dikarenakan sebagai penyebab perubahan warna pada permukaan. *Working time* dan *Setting time* polimerisasi dimulai ketika komposit pertama terkena cahaya. Sifat mekanis yang termasuk Modulus elastisitas dari komposit mikrofiller dan komposit *flowable* sekitar 50% lebih rendah dari nilai-nilai untuk komposit hibrida dan komposit *packable*. Kekuatan tarik dari komposit untuk etsa enamel dan dentin adalah sama (14 sampai 30 Mpa), ketika agen *bonding* yang umum digunakan.

Berdasarkan ukuran *filler* yang digunakan, resin komposit dapat diklasifikasikan terdiri atas resin komposit tradisional, resin komposit mikrofiller, resin komposit hibrid dan resin komposit *nanofiller*. *Filler* yang berukuran lebih kecil memberikan bahan komposit mudah untuk dipoles dan menghasilkan permukaan yang halus dibandingkan dengan partikel yang lebih besar.

Filler (bahan pengisi) terbuat dari *quartz*, keramik dan *silica*. Saat ini, sebagian *filler* komposit mempunyai ukuran dengan diameter rata-rata 0,2 sampai 3 μm (partikel halus) atau 0,04 μm (partikel paling halus). Bahan *filler* sintesis yang sering digunakan pada material tambalan resin komposit adalah *glass*, karena memiliki sifat mekanik yang baik. Material *glass* pada resin komposit memiliki beberapa kekurangan. Produksi material *glass* dengan proses energi yang sangat tergantung pada bahan bakar fosil. Emulsi polutan yang dihasilkan oleh produksi material *glass* sangat tinggi sehingga tidak baik bagi kesehatan dan lingkungan. Material *glass* juga bersifat *non-degradable*, tidak diperbarui dan tidak dapat didaur ulang. Sekarang mulai diupayakan penggunaan resin komposit serat alam sebagai pengganti material *glass*. Oleh karena itu, serat alam sebagai bahan penguat dalam komposit matriks polimer telah menjadi perhatian peneliti sebagai calon potensial untuk menggantikan bahan sintesis sebagai penguat (misalnya *glass*).

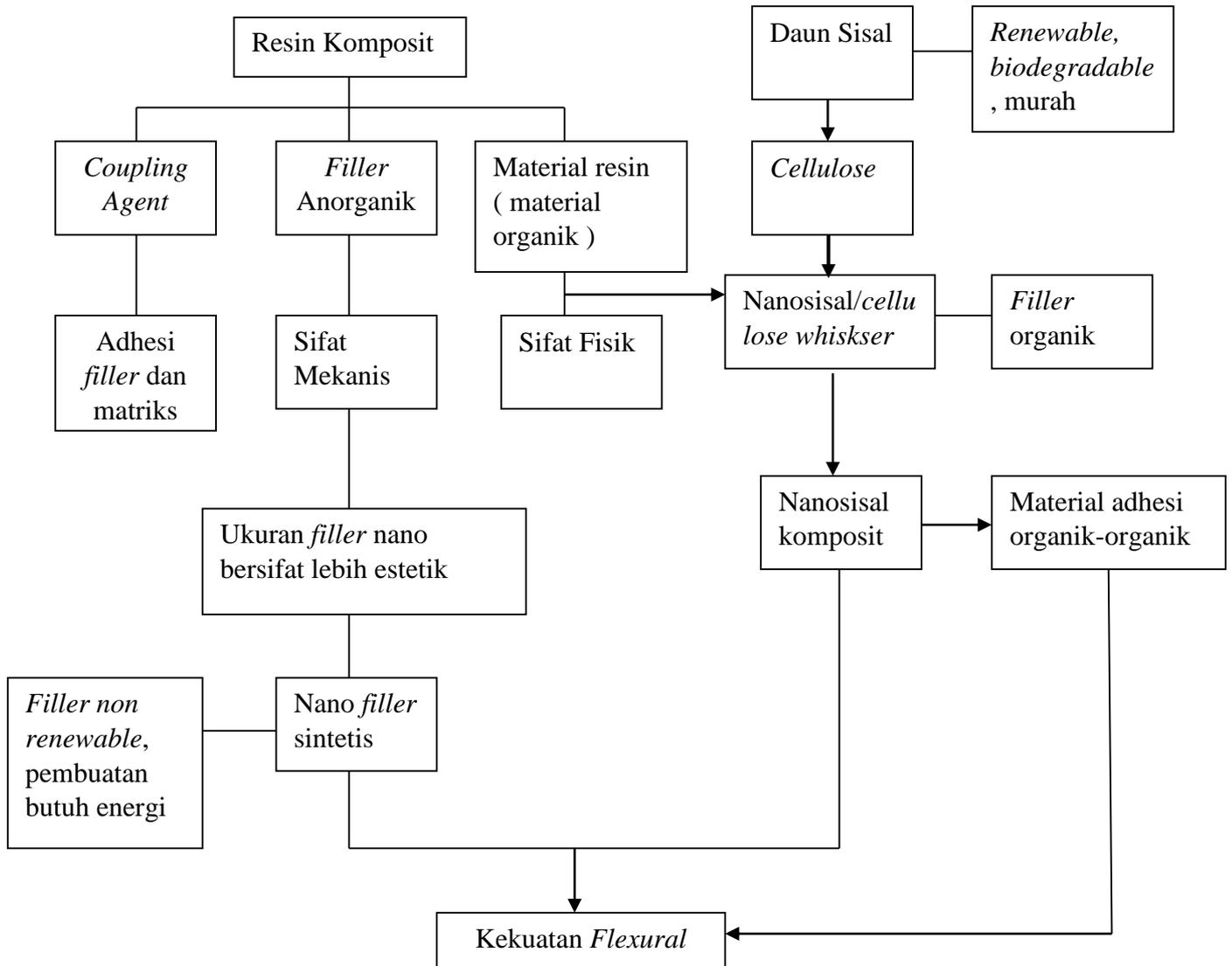
Sisal (*Agave Sisalana Perrine*) termasuk dalam famili *Agavaceae*, merupakan tanaman monokotil yang berasal dari Meksiko. Sisal digunakan sebagai kepentingan ekonomis yang besar karena dianggap sebagai sumber penting dari serat keras. Namun, sebagian kecil dari daun sisal digunakan untuk produksi serat dalam rangka untuk memanfaatkan sisal, limbah sisal telah digunakan sebagai pupuk organik, pakan ternak serta bahan baku untuk obat. Sisal mengandung 4% serat, 0,75% kutikula, 8% material kering dan 87,25% air berdasarkan dari daun sisal dan komposisi kimia dari serat sisal mengandung 78% selulosa, 8% lignin, 10% hemi-selulosa, 2% *wax*, 1% ash

dan 21-24% pentosan. Pembuatan nanosisal memiliki beberapa tahap pertama alkalisasi menggunakan NaOH untuk meningkatkan sifat mekanis. Setelah alkalisasi, sisal dibuat dalam ukuran nano melalui beberapa tahap yaitu *scouring*, *bleaching* dan ultrasonifikasi, sehingga diperoleh nanosisal/*cellulose whiskers*.

Ikatan antara material matriks bis-GMA dan nanosisal dapat terjadi. Kedua material tersebut dapat berikatan karena sesama material organik. Beberapa jenis ikatan yang dapat terjadi secara *mechanical bonding*, *electrostatic bonding* dan *chemical bonding*.

Kekuatan gaya *flexural* merupakan kombinasi dari gaya tarik dan kompresi, Kekuatan *flexural* mempunyai kemampuan maksimal dari suatu bahan untuk menekuk hingga bahan tersebut patah. Kekuatan *flexural* dapat diukur menggunakan alat *universal testing machine* dengan kelajuan tekan 1mm/menit dan jarak antara kedua penyangga 20mm sesuai dengan standart ISO 10477. Kekuatan tersebut dapat diukur dengan metode *three point bending test* (3PB) dan tegangan maksimum yang diukur dalam tes ini disebut kekuatan lentur.

C. Kerangka Konsep



Gambar 4. Kerangka Konsep

D. Hipotesis

Berdasarkan teori yang telah dikemukakan, maka dapat diajukan hipotesis bahwa terdapat pengaruh jumlah volume *filler* wt% terhadap kekuatan *flexural* resin komposit nanosisal.