

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Sebelumnya**

Nawanji (2013), melakukan penelitian tentang kajian kekuatan kejut biokomposit serat sabut kelapa sebagai bahan yang ramah lingkungan dengan menggunakan resin *polyester type 157 BQTN*, Hardebner Metylketon Peroksida (MEKPO) dan proses serat sabut kelapa dengan larutan alkali (NAOH) dan H<sub>2</sub>O. didapatkan pengaruh perlakuan volume serat sabut kelapa dengan perendaman selama 2 jam pada larutan alkali 35% mampu meningkatkan kekuatan beban kejut, berdasarkan uji kejut, spesimen yang terbaik adalah yang mengandung volume serat 45% yaitu sebesar 0,085 J/mm<sup>2</sup>.

Aplikasi lempung pada industri diantaranya digunakan pada kertas, keramik, karet, plastik, penguat pada termoplastik dan termoset. Sifat fisik dan kimia tanah lempung di antaranya memberikan sifat permukaan halus, halus, produk lebih atraktif, dimensi lebih stabil, dan mempunyai ketahanan yang sangat tinggi terhadap panas dan pengaruh kimia (Pamungkas, 2011). Mineral ini memiliki luas permukaan yang besar dan kapasitas penukar kation yang baik sehingga antarlapis silikat lempung montmorillonit dapat disisipi dengan suatu bahan untuk memperoleh suatu bentuk komposit yang sifat fisik kimianya berbeda dibandingkan lempung sebelum dimodifikasi (Negara Sutha dkk, 2008).

Efendi (2015), melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh fraksi berat serat tebu terhadap kekuatan tarik dan bending pada komposit resin *polyester* dengan menggunakan metode *hand lay-up*, dan bahan yang digunakan adalah resin *unsaturated polyester 157 BQTN*, dengan penambahan fraksi berat serat tebu 0%, 10%, 20%, dan 30%. Pada pengujian bending didapatkan kekuatan bending terendah yaitu 49,72 N/mm<sup>2</sup> yang dimiliki oleh komposit dengan komposisi berat serat 0%. Kekuatan bending tertinggi yaitu 84,28 N/mm<sup>2</sup> dimiliki oleh komposit dengan komposisi berat serat 30%. Kekuatan tarik terendah yaitu 9,49 N/mm<sup>2</sup> terdapat pada komposit dengan komposisi berat serat 0%. Kekuatan tarik tertinggi yaitu 17,48 N/mm<sup>2</sup> terdapat pada komposit dengan komposisi berat serat 30%.

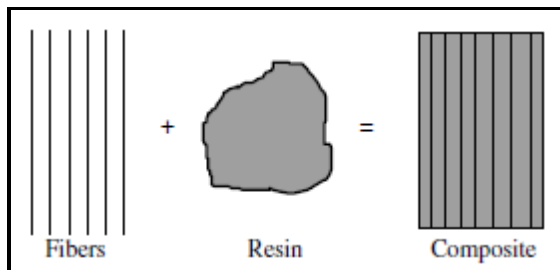
Pada spesimen dengan komposisi serat 0%, spesimen memiliki keuletan yang rendah dibandingkan dengan komposisi 10% hingga 30% sehingga spesimen mengalami patahan getas, sedangkan letak serat tebu sebagai penguat pada spesimen 10% hingga 30%

bertambah, sehingga keuletan spesimen meningkat dan kerusakan yang terjadi tidak menyebabkan patahnya getas.

## 2.2 Pengertian Material Komposit

Komposit adalah suatu bahan material yang tersusun dari kombinasi dua atau lebih material, dimanafikat mekanik dari material pembentuknya berbeda-beda dimana satu material sebagai pengisi (matrik) dan lainnya sebagai fasa penguat (*reinforcement*). Komposit biasanya terdiri dari dua bahan dasar yaitu serat dan matrik. Serat biasanya bersifat elastis, mempunyai kekuatan tarik yang baik, namun tidak dapat digunakan pada temperatur yang tinggi sedangkan matrik biasanya bersifat ulet, lunak dan bersifat mengikat jika sudah mencapai titik bekunya. Kedua bahan yang mempunyai sifat berbeda ini digabungkan untuk mendapatkan satu bahan baru (komposit) yang mempunyai sifat yang berbeda dari sifat partikel penyusunnya (Gibson, 1994).

Material komposit mempunyai keunggulan dibandingkan dengan material lain, karena pada material komposit mempunyai sifat *strength to weight ratio* atau keunggulan dalam hal kekuatan dengan bobot yang ringan.



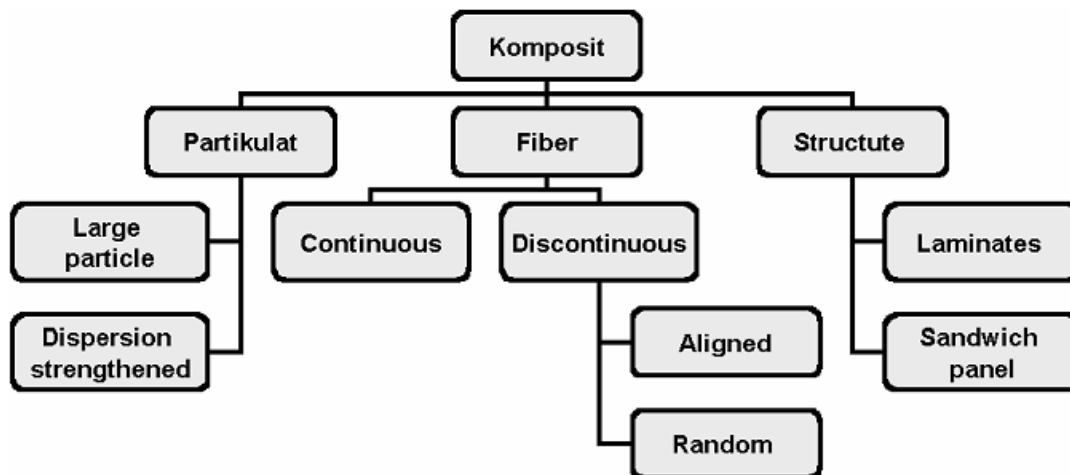
Gambar 2.1 Formasi material komposit menggunakan fiber dan resin  
Sumber: Mazumdar (2002)

### 2.2.1 Kegunaan Bahan Komposit

Kegunaan bahan komposit sangat luas yaitu untuk:

1. Bidang kedirgantaraan adalah komponen pesawat, komponen helicopter, komponen satelit.
2. Bidang kesehatan adalah kaki palsu, sambungan sendi pada pinggang.
3. Bidang kelautan adalah kapal layar dan kayak.
4. Bidang pertahanan adalah komponen kapal selam dan komponen jet tempur.
5. Bidang pembangunan infrastruktur adalah jembatan, terowongan, rumah.
6. Bidang olahraga adalah sepeda, raket tenis, tongkat golf, sepatu olah raga.
7. Bidang otomotif adalah komponen mesin, komponen kereta.

## 2.2.2 Klasifikasi Material Komposit



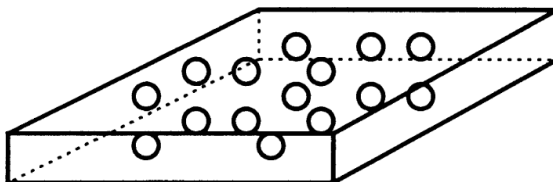
Gambar 2.2 Klasifikasi material komposit  
Sumber: Callister (1994:579)

### 1. Komposit partikel

Komposit partikel merupakan komposit yang mengandung bahan penguat berbentuk partikel atau serbuk. Partikel sebagai elemen penguat sangat menentukan sifat mekanik dari komposit karena meneruskan beban yang didistribusikan oleh matrik. Ukuran, bentuk, dan material partikel adalah faktor-faktor yang mempengaruhi properti mekanik dari komposit partikel. Dalam pembuatan komposit partikel sangat penting untuk menghilangkan unsur udara dan air karena partikel yang berongga atau yang memiliki lubang udara kurang baik jika digunakan dalam campuran komposit. Adanya udara dan air pada sela-sela partikel dapat mengurangi kekuatan dan mengurangi ketahanan retak bahan.

Pengaruh peningkatan kehalusan partikel pada komposit antara lain:

- Meningkatkan reaksi antara partikel dengan campurannya.
- Memperkecil diameter pori.
- Menurunkan nilai porositas.
- Meningkatkan kerapatan.
- Meningkatkan kekuatan tekan dan beban lentur.



Gambar 2.3 Komposit partikel (*particulated composite*)  
Sumber: Autar (2006:18)

Komposit dengan bahan penguat yang berbentuk partikel di bagi menjadi dua yaitu:

a. *Large particle composite*

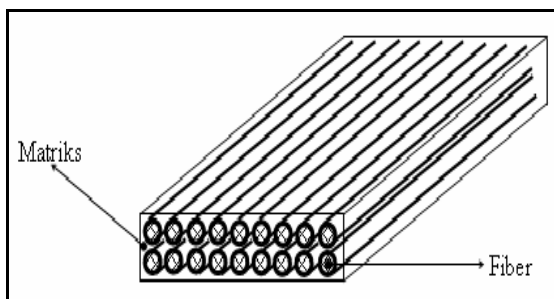
Untuk komposit jenis ini diameter partikel yang digunakan lebih besar daripada *dispersion strengthened* yaitu diatas  $0,1\mu\text{m}$  ( $100\text{ nm}$ ). Sehingga interaksi antara partikel penguat dan matrik tidak dapat diperlakukan dalam tingkat atom atau molekul. Partikel penguat cenderung menahan gerakan dari fase matrik yang ada di sekitar masing–masing partikel. Contohnya partikel karbon hitam pada ban karet sintetis.

b. *Dispersion strengthened*

Partikel yang digunakan pada komposit jenis ini berdiameter lebih kecil dari *large particle composite* yaitu berkisar antara  $0,01 - 0,1\ \mu\text{m}$  ( $10 - 100\text{ nm}$ ). Fase yang terdispersi meliputi logam, non logam, namun yang biasa digunakan merupakan *oxide materials* seperti  $\text{ThO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Berbeda dengan *large particle composite*, interaksi antara partikel dan matrik terjadi pada tingkat atom atau molekul. Mekanisme penguatan terjadi seperti pada proses *precipitation hardening*. Pada saat matrik menanggung sebagian besar dari beban yang diterapkan, partikel–partikel kecil yang terdispersi menghalangi gerakan dislokasi, sehingga deformasi plastis dibatasi yang menghasilkan kekuatan tarik dan kekerasan meningkat.

2. Komposit Serat

Komposit serat merupakan komposit yang di perkuat oleh serat, dimana penguatnya berbentuk serat dan di ikat oleh matrik. Dalam pembuatannya, serat dapat di susun secara acak maupun dengan arah orientasi tertentu.



Gambar 2.4 Komposit serat

Sumber: Vinolita (2015)

Berdasarkan ukuran panjang serat, serat di kategorikan menjadi dua, yaitu:

a. Komposit serat panjang

Komposit dengan serat panjang memungkinkan dalam pengaturan arah orientasinya. Serat panjang dapat menyalurkan pembebanan atau tegangan pada titik penggunaannya.

b. Komposit serat pendek

Jika dilihat dari arah orientasinya, material komposit dengan serat pendek dibagi menjadi dua yaitu serat acak dan serat satu arah. Komposit dengan serat pendek lebih mudah dalam pengolahannya.

Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam pembuatan komposit berpenguat serat antara lain:

a. Matrik

Kekuatan ikatan antara matrik dan serat adalah kebutuhan utama dalam pembuatan komposit jenis ini. Selain itu kecocokan secara kimia juga dibutuhkan agar tidak terjadi reaksi kimia yang tidak diinginkan pada permukaan kontak antara matrik dan serat penguat. Sifat-sifat khusus dari matrik seperti ketahanan terhadap korosi dan panas, harus diperhatikan tanpa mengesampingkan sifat mekaniknya. Hal ini dikarenakan dapat mendukung sifat yang diinginkan pada komposit nantinya.

b. Serat

Sebagai bahan penguat pada komposit, serat memiliki pengaruh dalam meningkatkan kekuatan komposit. Pada umumnya serat yang dipilih memiliki kekuatan tarik yang tinggi seperti *fiberglass* dan *aramid*.

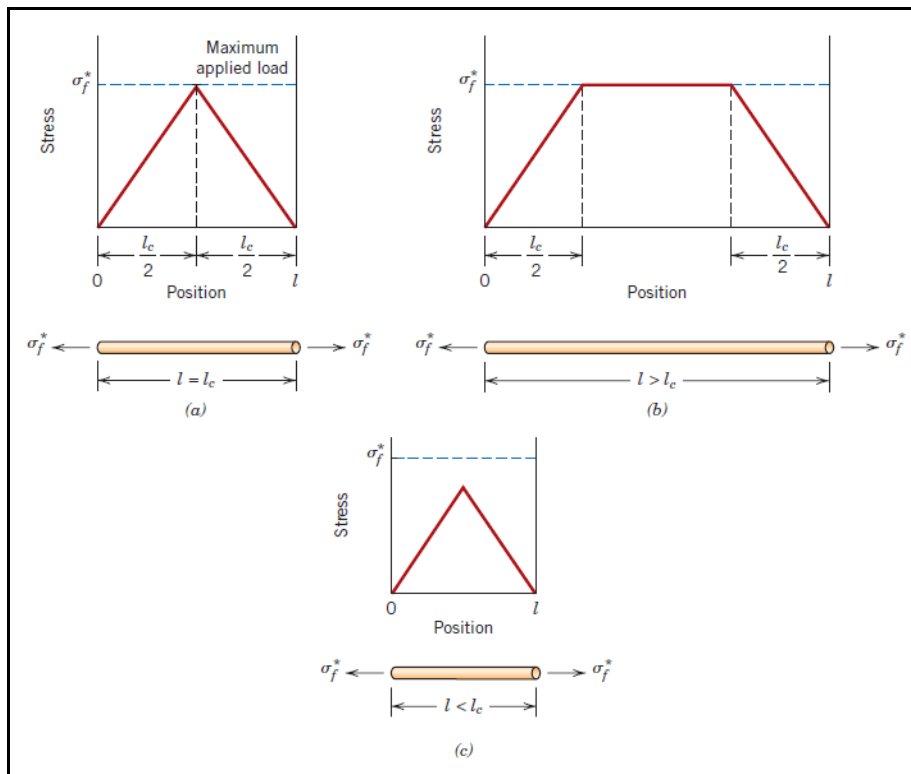
c. Letak dan Arah Serat

Dalam pembuatan komposit, letak dan arah serat menentukan kekuatan mekanik komposit. Menurut tata letak dan arah serat pada komposit, diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu: yang pertama *one dimensional reinforcement*, mempunyai kekuatan dan modulus maksimum pada arah axis serat. Yang kedua adalah *two dimensional reinforcement* (planar), mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing-masing arah orientasi serat. Yang ketiga *three dimensional reinforcement*, mempunyai sifat *isotropic* kekuatannya lebih tinggi dibanding dengan dua tipe sebelumnya. Bila arah serat menyebar maka kekuatannya juga akan menyebar ke segala arah dan beban akan terdistribusi secara merata sehingga kekuatan akan meningkat.

d. Panjang Serat

Pada proses pembuatan komposit, panjang serat memiliki pengaruh yang signifikan. Hal ini dikarenakan sebagian besar tegangan yang terjadi pada komposit disalurkan ke serat oleh matriks. Sehingga panjang kritis dari serat

diperlukan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan dari komposit secara efektif.



Gambar 2.5 Skema posisi tegangan pada serat ketika panjang serat (a) sama dengan *critical length* (b) lebih panjang dari *critical length* (c) lebih pendek dari *critical length*  
Sumber: Callister (2010:635)

Gambar diatas menjelaskan skema tegangan pada tiga kondisi panjang serat untuk *fiber reinforced composite* yang dikenai tegangan yang besarnya sama dengan kekuatan tarik dari serat. Ketika serat yang panjangnya sama dengan *critical length* dikenai tegangan yang besarnya sama dengan kekuatan tarik dari serat tersebut, posisi dari tegangan maksimum tercapai pada titik tengah dari serat. Semakin panjang serat yang digunakan, serat penguat menjadi semakin efektif. Pada Gambar 2.5 (b) terlihat bahwa tegangan yang diterima oleh serat yang lebih panjang dari *critical length* dapat diterima lebih efektif. Jika panjang serat yang digunakan lebih pendek dari *critical length*, maka tegangan yang diterima tidak dapat mencapai tegangan maksimum dari serat.

e. Bentuk Serat

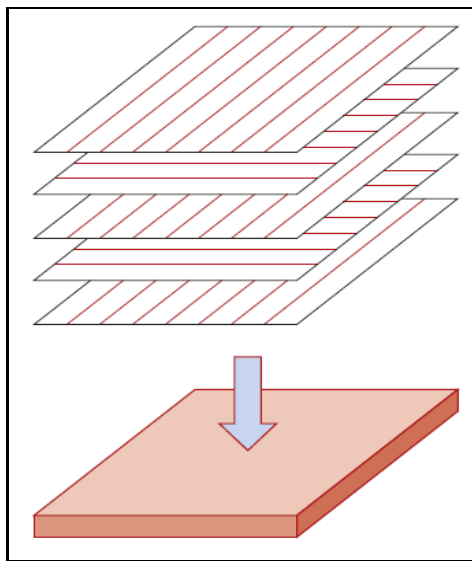
Bentuk serat secara umum tidak begitu mempengaruhi, namun yang mempengaruhi adalah diameter dari serat. Pada umumnya semakin besar diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi. Selain bentuknya, kandungan serat juga mempengaruhi (Schwartz, 1984).

### 3. Komposit Struktural

Komposit Struktural pada umumnya terdiri dari material homogen atau komposit. Faktor yang mempengaruhi kekuatan dari *structural composite* tidak hanya sifat dari material penyusunnya, namun desain geometris dari elemen struktural memiliki pengaruh yang signifikan. Komposit struktural di bagi menjadi dua yaitu:

#### a. *Laminar composite*

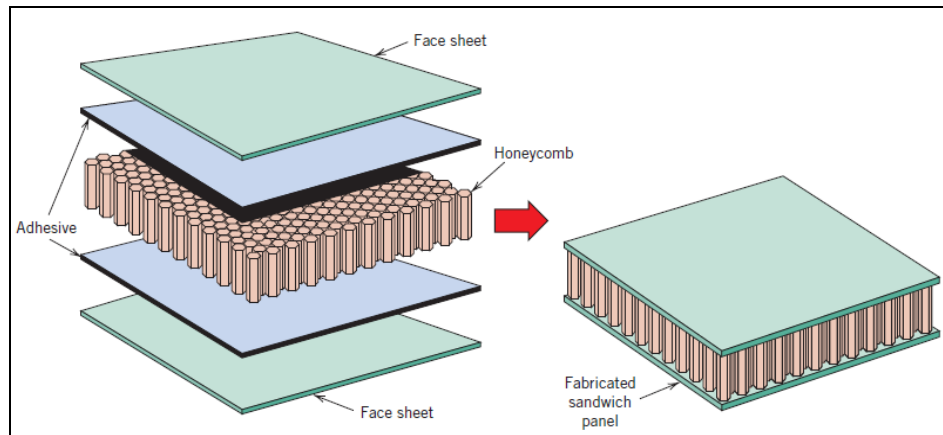
*Laminar composite* merupakan komposit yang terdiri dari lembaran atau panel yang ditumpuk dan disatukan. Lembaran atau panel disusun dengan orientasi arah kekuatan tertentu pada masing–masing lapisan.



Gambar 2.6 Penyusunan *laminar composite*  
Sumber: D. Callister (2010:661)

#### b. *Sandwich panel*

Pada jenis ini bahan penyusun komposit terdiri dari 2 lapisan luar dan inti (*core*) yang disusun bertumpuk. Lapisan luar merupakan material yang memiliki kekerasan dan kekakuan tinggi seperti aluminium paduan, baja, titanium, atau kayu. Sedangkan untuk inti (*core*) dipilih material yang ringan dan memiliki modulus elastisitas yang rendah, misalnya kayu basa, *rigid polymeric foam*, atau struktur *honeycomb*.



Gambar 2.7 Skema struktur *honeycomb* pada *structural composite*  
 Sumber: After J. Corden (1987:721)

### 2.3 Polymer

*Polymer* adalah padatan organik berdasarkan rantai panjang karbon atau dalam beberapa, silikon atom. Polimer itu ringan, kepadatannya  $\rho$  lebih kecil dari dari logam yang paling ringan. Dibandingkan dengan yang lain polimer termasuk material yang tidak kaku dengan modulus E yang kira-kira 50 kali lebih sedikit dibandingkan dengan logam. Tapi polimer bisa menjadi kuat, dan karena kepadatan yang rendah, kekuatan polimer per satuan berat bisa dibandingkan dengan logam. Sifat mereka tergantung pada suhu sehingga polimer yang tangguh dan fleksibel pada suhu kamar mungkin rapuh pada  $-4^{\circ}\text{C}$ , namun berubah menjadi karet pada  $100^{\circ}\text{C}$  (Ashby, 2007). Berdasarkan sifatnya polimer dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu:

1. *Polymer Thermoplastik*, merupakan *polymer* yang dapat dibentuk kembali (*recycleable*) melalui proses pemanasan, contoh: *Polyvinyl Chloride* (PVC), *Polyethylene* (PE).
2. *Polymer Thermoseting*, merupakan *polymer* yang tidak dapat dibentuk kembali dengan proses pemanasan seperti halnya *polymer thermoplastik*, contoh: *Polyester*, *Phenolic* (PF).
3. *Elastomer*, merupakan *polymer* yang dapat kembali ke bentuk asal setelah tegangan yang diberikan dihilangkan, contoh: karet.

Sifat-sifat umum yang dimiliki bahan-bahan *polymer* sebagai berikut.

1. Kemampuan cetaknya cukup baik, artinya pada temperatur relatif rendah bahan dapat dicetak dengan berbagai cara, diantaranya: dengan penyuntikan, penekanan, ekstruksi.
2. Produk yang ringan dan kuat dapat dibuat.
3. Baik sekali ketahanannya terhadap air dan zat kimia.



4. Banyak diantaranya polimer bersifat isolasi listrik yang baik dan mudah termuati listrik secara elektrostatik.
5. Kurang tahan terhadap panas.
6. Kekerasan permukaannya sangat kurang.

#### 2.4 Serat Sabut Kelapa (*Cocofiber*)

Serat sabut kelapa adalah serat alami alternatif yang berkualitas baik dalam pembuatan komposit. Serat kelapa ini dapat mengurangi polusi lingkungan (*biodegradability*) sehingga komposit ini mampu mengatasi permasalahan lingkungan yang mungkin timbul dari banyaknya serat kelapa yang tidak dimanfaatkan, serta tidak membahayakan kesehatan. Pada pemanfaatan serat sabut kelapa perlu ada perlakuan sebelum serat sabut kelapa dicampur dengan bahan lain. Perlakuan dengan alkali (NaOH) diharapkan dapat berpengaruh terhadap komposit yang dihasilkan, karena fungsi alkali dapat menghilangkan lignin yang ada. Pemberian perlakuan alkali pada bahan berlignin selulosa mampu mengubah struktur kimia dan fisik permukaan serat.



Gambar 2.8 Serat Sabut Kelapa  
Sumber: Dokumentasi pribadi

Tabel 2.1  
Uji Serat Tunggal Sabut Kelapa

Jenis Perlakuan	Kekuatan Tarik (N/mm <sup>2</sup> )
5% NaOH 2 jam	16,017

#### 2.5 Polymer Aditif

*Polymer* yang disebut juga sebagai makro molekul adalah molekul besar yang dibangun oleh pengulangan satuan kimia yang kecil dan sederhana. Kesatuan-kesatuan berulang itu setara dengan monomer, yaitu bahan dasar pembuat polimer. Sehingga molekul-molekul polimer umumnya mempunyai massa molekul yang sangat besar. Aditif digunakan untuk meningkatkan atau memodifikasi banyak sifat, dengan demikian dapat

meningkatkan kegunaan polimer. Beberapa tipe yang masuk dalam aditif adalah *fillers*, *plasticizers*, *stabilizers*, *colorants*, dan *flame retardants*.

### 2.5.1 Serbuk Kapur

Kapur adalah sebuah benda putih dan halus terbuat dari batu sedimen, membentuk bebatuan yang terdiri dari mineral kalsium. Biasanya kapur relatif terbentuk di lempengan kalsium plates (*coccoliths*) yang dibentuk oleh mikroorganisme *coccolithophores*. Biasanya lazim juga ditemukan batu api dan *chert* yang terdapat dalam kapur. Banyak penelitian yang memanfaatkan kapur sebagai *filler* untuk perkerasan jalan maupun untuk keperluan konstruksi bangunan beton karena sifatnya yang keras dan tahan terhadap kuat tekan. Menurut Widodo (2004) dalam penelitiannya mengatakan bahwa kapur merah memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  lebih dari 70%, sehingga tergolong sebagai pozzolan aktif.

Menurut Fauzi (2012) kapur mengandung silika sebesar 47% dan alumina sebesar 47%, dimana dalam penelitian yang dilakukan oleh Ambarwati dan Arifin (2009) mengatakan penggunaan silika dalam campuran beraspal dapat meningkatkan potensi stabilitas dan durabilitas pada campuran aspal.



Gambar 2.9 Serbuk Kapur

## 2.6 Matriks

Material komposit terdiri dari matrik dan *filler* (pengisi). Matrik diartikan sebagai material pengikat antara serat atau partikel namun tidak terjadi reaksi kimia dengan bahan pengisi. Secara umum matrik berfungsi sebagai pengikat bahan pengisi, sebagai penahan dan pelindung serat dari efek lingkungan dari kerusakan baik kerusakan secara mekanik

maupun kerusakan akibat reaksi kimia, serta untuk mentransfer beban dari luar ke bahan pengisi. Persyaratan di bawah ini perlu dipenuhi sebagai bahan matriks untuk pencetakan bahan komposit:

1. Mempunyai penyusutan yang kecil pada pengawetan.
2. Dapat diukur pada temperatur kamar dalam waktu yang optimal.
3. Resin yang dipakai perlu memiliki viskositas rendah, sesuai dengan bahan penguat dan *permeable*.
4. Memiliki daya rekat yang baik dengan bahan penguat.

Pada umumnya matrik berfungsi didalam material komposit sebagai.

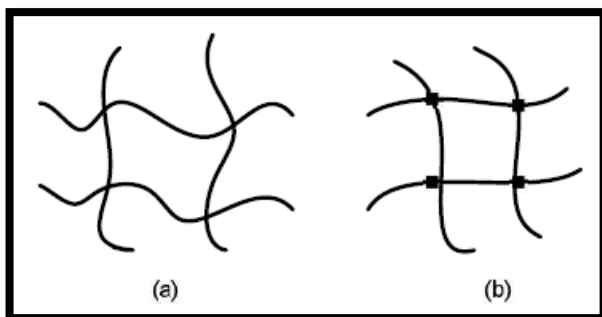
1. Menjaga agar serat tetap berada di dalam struktur komposit.
2. Membantu mendistribusi beban yang diterima.
3. Melindungi serat dari kerusakan eksternal seperti pengausan.
4. Memberi perlindungan serat terhadap keadaan lingkungan yang kurang baik.

Bahan pengisi yang berfungsi sebagai penguat pada material komposit dapat berbentuk serat, partikel, dan serpihan. Dalam hal ini sebagai pengikat atau penyatu antara serat dengan serat, partikel dengan partikel yaitu digunakan matriks.

Secara umum matrik terbagi atas dua kelompok yaitu:

1. Termoset

Merupakan bahan yang sulit mencair atau lunak apabila dipanaskan karena harus membutuhkan temperatur yang sangat tinggi. Hal ini diakibatkan karena molekul-molekulnya mengalami ikatan silang (*cross linking*) sehingga bahan tersebut sulit dan bahkan jarang didaur ulang kembali (Hartomo, 1992). Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.10 Molekul pada polimer termoset mengalami *cross linking* (a) Sebelum dipanaskan dan (b) Sesudah dipanaskan  
Sumber: Hartomo (1992)

## 2. Termoplastik

Merupakan bahan yang mudah menjadi lunak kembali apabila dipanaskan dan mengeras apabila didinginkan sehingga pembentukan dapat dilakukan berulang-ulang karena mempunyai struktur yang linier.

### 2.6.1 Matriks Polyester

*Polyester* resin berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, dapat mengeras pada suhu kamar dengan menggunakan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan. *Polyester* merupakan jenis resin yang paling banyak digunakan sebagai matrik pada serat gelas untuk badan kapal, mobil, tandon air (Hartomo, 1992). Salah satu *Unsaturated Polyester* Resina dalam tipe Yukallac 157 BQTN merupakan resin yang telah berpromotor, mengandung *thixotropic agent*, tanpa *wax* dan bersifat mencegah/mengurangi timbulnya pembakaran sehingga waktu untuk mulai terbakar lebih lama, memperlambat penyebaran api dan berhenti terbakar bila dijumpai dari sumber api. *Polyester* resin yang digunakan dalam penelitian ini adalah seri Yukalac 157 BQTN yang memiliki spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 2.2

Spesifikasi Resin *Unsaturated Polyester* Yukalac 157 BQTN

Item	Nilai	Catatan
Berat jenis ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	1,215	-
Suhu distorasi panas (C)	70	-
Penyerapan air (suhu ruangan) (%)	0,188	24 jam
	0,466	3 hari
Kekuatan <i>flexural</i> ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )	9,4	-
Modulus <i>flexural</i> ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )	300	-
Daya rentang ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )	5,5	-
Modulus rentang ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )	300	-

Sumber: Frida (1992)

Tabel 2.3

Sifat-sifat Resin *Polyester*

Sifat	Kekuatan
Kekentalan ( $\text{mgm}^{-3}$ )	1,2 – 1,5
Modulus young ( $\text{GNm}^{-2}$ )	2 - 4,5
Poisson <i>ratio</i>	0,37 – 0,39
Kekuatan tekan ( $\text{MN}/\text{m}^2$ )	90 – 150
Kekuatan tarik ( $\text{MN}/\text{m}^2$ )	40
Regangan maksimum (%)	2
Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )	50 – 110

Sumber: Frida (1992)

*Curing* merupakan suatu proses pengeringan untuk merubah material pengikat dari keadaan cair menjadi padat. *Curing* ini terjadi melalui reaksi kepolimerisasi radikal antara

molekul jenis vinil yang membentuk hubungan silang melalui bagian tak jenuh dari *polyester*. Reaksi ini timbul karena dipicu oleh katalis yang ada, yang mulai diaktifkan oleh sejumlah kecil akselerator. Standar yang dianjurkan untuk penggunaan katalis adalah 1% pada suhu kamar. Karena berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti banyak resin termoseting yang lainnya, maka tak perlu diberi tekanan untuk pencetakan. Kemampuan *polyester* terhadap cuaca sangat baik, tahan terhadap kelembaban dan sinar *ultra violet* bila dibiarkan diluar. Berdasarkan karakteristik ini, bahan ini dikembangkan secara luas sebagai penguat serat dengan menggunakan serat alam.

## 2.7 Katalis MEKPO

Katalis yang digunakan adalah katalis *Methyl Ethyl Keton Peroxide* (MEKPO) dengan bentuk cair, berwarna bening. Fungsi dari katalis adalah mempercepat proses pengeringan (*curing*) pada bahan matriks suatu komposit. Semakin banyak katalis yang dicampurkan pada cairan matriks akan mempercepat proses laju pengeringan, tetapi akibat mencampurkan katalis terlalu banyak adalah membuat komposit menjadi getas. Penggunaan katalis sebaiknya diatur berdasarkan kebutuhannya. Pada saat mencampurkan katalis ke dalam matriks maka akan timbul reaksi panas (60°-90°C).

Proses pengerasan resin diberi bahan tambahan yaitu, katalis jenis *Metyl Etyl Keton Peroksida* (MEKPO), katalis digunakan untuk mempercepat proses pengerasan cairan resin pada suhu yang lebih tinggi. Pemakaian katalis dibatasi sampai 1% dari volume resin (PT. Justus Sakti Raya, 2001).

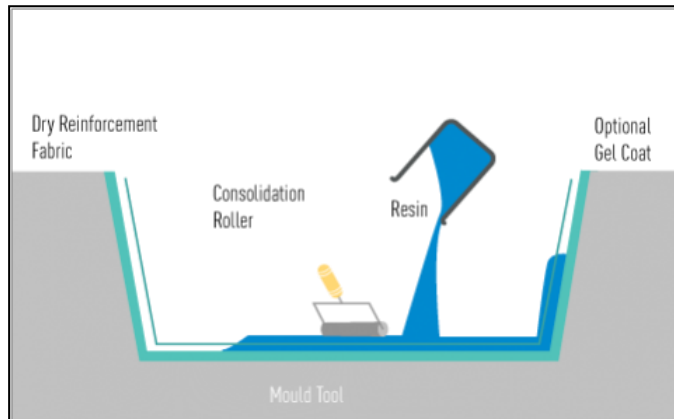
## 2.8 Metode Pembuatan Komposit

Dalam pembuatan komposit diperlukan suatu cetakan dimana cetakan tersebut harus bersih dari kotoran dan permukaannya halus. Cetakan dapat terbuat dari logam, kayu, gips, sislicone, plastik, dan kaca. Ada 3 metode pembuatan komposit yang sering digunakan, yaitu:

### 1. Metode *Hand Lay Up*

Sebuah proses di mana komponen diterapkan baik untuk cetakan atau permukaan kerja, dan lapisan di buat secara berurutan dan dikerjakan dengan tangan. Proses ini merupakan metode yang paling sederhana untuk memproduksi plastik yang diperkuat serat cara pembuatan dengan sistem *hand lay-up* dilakukan dengan meletakkan serat pada cetakan yang telah dilapisi dengan *mold release agent* yang bertujuan untuk

mencegah lengketnya material-material komposit pada cetakan, terutama pada sudut-sudut cetakan, *release film* ini juga membantu membentuk permukaan komposit menjadi lebih baik, setelah serat diletakkan pada cetakan selanjutnya matrik dituang dalam cetakan, rol penekanan digunakan untuk meratakan dan menghilangkan udara yang terperangkap.

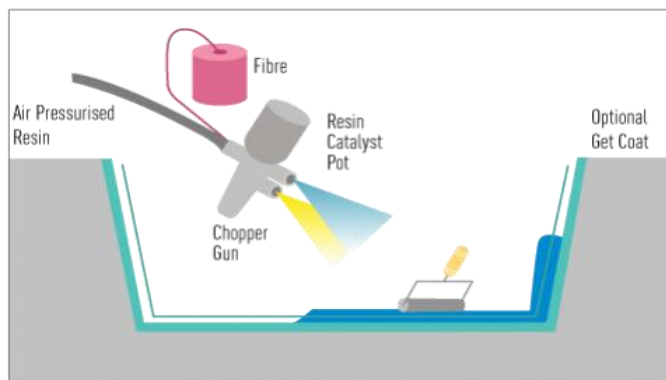


Gambar 2.11 Metode *hand lay up*

Sumber: PT. Gunung Putri Graha Mas (2015)

## 2. Metode *Spray Up*

Proses *spray-up* mirip dengan proses *wet lay-up*, dengan perbedaan berada di metode menerapkan bahan serat dan resin ke cetakan. Pada proses *wet lay-up* penggunaannya diterapkan secara manual. Dalam proses *spray-up*, *spraygun* digunakan untuk menerapkan bahan resin dan serat.

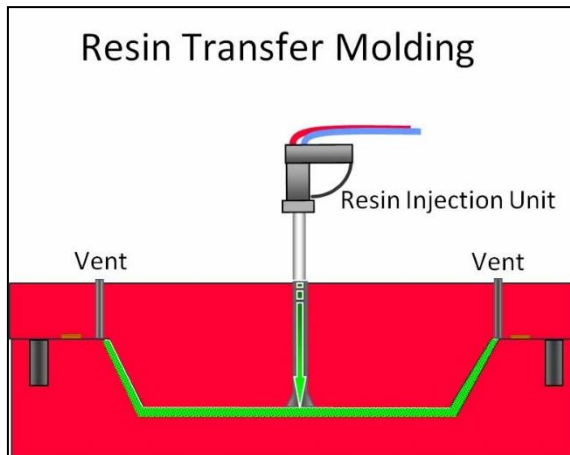


Gambar 2.12 Metode *spray up*

Sumber: PT. Gunung Putri Graha Mas (2015)

## 3. *Injection Molding*

*Injection molding* merupakan metode yang paling sering digunakan dalam manufaktur komposien resin termoplastik. Metode ini dilakukan dengan cara memberikan tekanan injeksi (*injection pressure*) dengan besar tertentu pada material plastik yang telah dilelehkan oleh sejumlah energi panas untuk dimasukkan ke dalam cetakan sehingga didapatkan bentuk yang diinginkan.

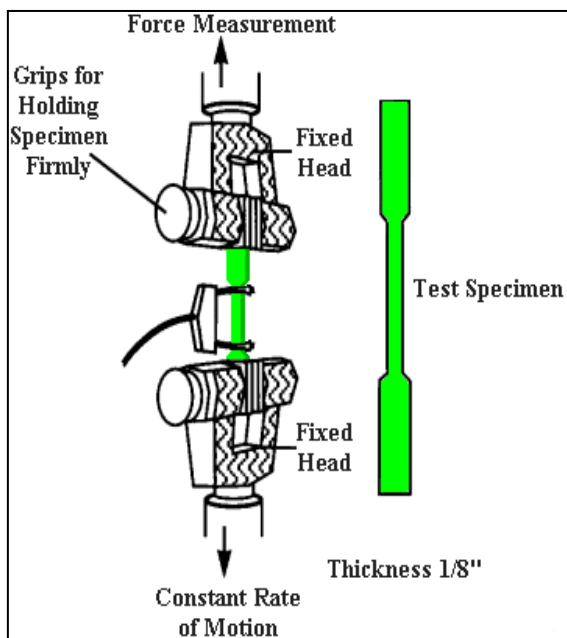


Gambar 2.13 Metode *injection molding*  
 Sumber: *Molded Fiber Glass Companies* (2015)

## 2.9 Pengujian Kekuatan Tarik

Sebuah mesin dan bagian-bagian strukturnya akan mengalami perubahan bentuk sampai pada batasan tertentu jika dikenai beban yang berlebih pada material tersebut.

Pengujian kekuatan tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas pada bahan material komposit dengan cara menarik spesimen sampai putus. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik atau dengan *universal testing machine* (Standar ASTM D 638).



Gambar 2.14 Pengujian kekuatan tarik  
 Sumber: *Quadrant Engineering Plastic Products* (2015)

Hal-hal yang mempengaruhi kekuatan tarik komposit antara lain (Surdia, 2003).

### 1. Temperatur

Pengaruh temperatur terutama pada resin termoplastik sangat besar yang akan berpengaruh pada kekuatan tarik komposit. Apabila temperatur naik maka kekuatan Tarik komposit akan turun.

### 2. Kelembapan

Pengaruh kelembapan ini akan mengakibatkan bertambahnya absorbs air, akibatnya akan menaikkan regangan patah sedangkan tegangan patah dan modulus elastisitasnya menurun.

### 3. Laju tegangan

Apabila laju tegangan kecil, maka perpanjangan bertambah dan mengakibatkan kurva tegangan-regangan menjadi landai, modulus elastisitasnya rendah. Sedangkan kalau laju tegangan tinggi, maka beban patah dan modulus elastisitasnya meningkat tetapi regangannya mengecil.

$$P = \sigma \cdot A \text{ atau } \sigma = \frac{P}{A} \quad (2-1)$$

Sumber: Surdia (2003:32)

Keterangan:

P = Beban (N)

A = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Tegangan (MPa)

Besarnya regangan adalah jumlah pertambahan panjang karena pembebanan dibandingkan dengan panjang daerah ukur (*gage length*). Nilai regangan ini adalah regangan proporsional yang didapat dari garis. Prosorsional pada grafik tegangan-tegangan hasil uji tarik komposit (Surdia, 2003).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2-2)$$

Sumber: Surdia (2003:33)

Keterangan:

$\varepsilon$  = Regangan (mm/mm)

$\Delta L$  = Pertambahan panjang (mm)

$L_0$  = Panjang daerah ukur (*gage length*) (mm)

Pada daerah proporsional yaitu daerah dimana tegangan regangan yang terjadi masih sebanding, defleksi yang terjadi masih bersifat elastis dan masih berlaku hukum hooke. Besarnya nilai modulus elastisitas komposit yang juga merupakan perbandingan antara



tegangan regangan pada daerah proporsional dapat dihitung dengan persamaan (Surdia, 2003).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2-3)$$

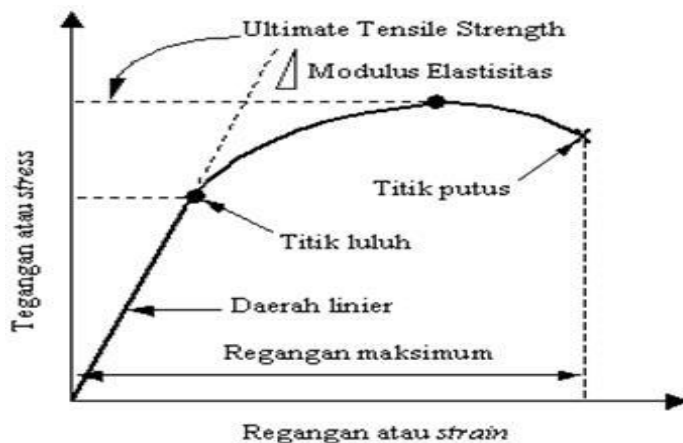
Sumber: Surdia (2003:33)

Keterangan:

E = Modulus elastisitas (MPa)

$\sigma$  = Tegangan (MPa)

$\varepsilon$  = Regangan (mm/mm)



Gambar 2.15 Grafik tegangan regangan  
Sumber: Infometrik informasi mekanika

### 1. Tegangan Tarik

Ilmu kekuatan bahan adalah kumpulan pengetahuanyang membahas hubungan antara gaya intern, deformasi dan beban luar. Persamaan keseimbangan statis diterapkan terhadap gaya yang bekerja pada suatu bagian benda, agar diperoleh hubungan antara gaya luar yang bekerja pada bagian konstruksi dengan gaya intern yang melawan bekerjanya beban luar. Gaya tahan intern ini yang disebut tegangan (Dieter, 1986).

### 2. Regangan Tarik

Besarnya regangan adalah jumlah pertambahan panjang karena pembebanan dibandingkan dengan panjang daerah ukur mula-mula (gage length). Nilai regangan ini adalah regangan proporsional yang didapat dari garis proporsional pada grafik tegangan-regangan hasil uji tarik komposit (SurdiaT dan Saito,1985). Regangan dapat dihitung dengan rumus:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2-2)$$

Sumber: Surdia (2003:33)

Keterangan:

$\varepsilon$  = Regangan (mm/mm)

$\Delta L$  = Pertambahan panjang (mm)

$L_0$  = Panjang daerah ukur (*gage length*) (mm)

### 3. Modulus Elastisitas

Pada daerah proporsional yaitu daerah dimana tegangan regangan yang terjadi masih sebanding, defleksi yang terjadi masih bersifat elastis dan masih berlaku hukum hooke. Besarnya nilai modulus elastisitas komposit yang juga merupakan perbandingan antara tegangan regangan pada daerah proporsional dapat dihitung dengan persamaan (Surdia, 2003).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2-3)$$

Sumber: Surdia (2003:33)

Keterangan:

E = Modulus elastisitas (MPa)

$\sigma$  = Tegangan (MPa)

$\varepsilon$  = Regangan (mm/mm)

## 2.10 Konsentrasi Tegangan

Konsentrasi tegangan terjadi pada daerah-daerah benda yang dimensinya berubah drastis, misalnya di sekitar lubang, *discontinuity*, *defect*. Pemicu lain dari konsentrasi tegangan diantaranya adalah fillet, notch, *inclusion*. Konsentrasi tegangan akan menurunkan umur fatik (*fatigue life*). Besarnya konsentrasi tegangan dapat diketahui dengan menghitung faktor konsentrasi tegangan (*stress concentration factor*), dimana SCF merupakan perbandingan antara tegangan tertinggi yang berada di sekitar *discontinuity* ( $\sigma_{max}$ ) dengan tegangan yang terjadi pada kondisi mulus ( $\sigma_{nom}$ ).

$$K_t = \sigma_{max} / \sigma_{nom}$$

## 2.11 Hipotesis

Menurut kajian pustaka dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan variasi serbuk kapur dan komposit *polyester* berpenguat sabut kelapadidapatkan hipotesis bahwa semakin besar ukuran butir (serbuk kapur) maka konsentrasi tegangan akan semakin besar, sehingga kekuatan komposit akan semakin mengecil.