

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Peneliti Terdahulu

Berdasarkan penelusuran, penelitian tentang komposit telah banyak dilakukan. Namun penelitian tentang komposit berpenguat serat tandan kosong kelapa sawit masih kurang dan perlu dikembangkan agar mendapatkan material komposit dengan kualitas tinggi. Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang bisa dijadikan referensi untuk penelitian ini.

Penelitian yang dilakukan oleh Azizi [3], telah melakukan penelitian tentang (*Karakterisasi Pengaruh Orientasi Serat terhadap Sifat Mekanis dan Fisis Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit*) penelitian memanfaatkan serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sawit menghasilkan bahan *filler* dan resin *yukalac* 157 BQTN menjadi matrik pengikatnya serta katalis mepoxe sebagai pengeras resin. Penelitian terdahulu resin *polyester* diperkuat dengan serat berupa serat TKKS menggunakan variasi orientasi serat lurus, acak, dan anyam serta TKKS diberi perlakuan variasi perendaman NaCl 5% tanpa perlakuan, perendaman 2 jam dan 4 jam. Peneliti telah melakukan uji fisis yaitu uji *density* atau uji kerapatan yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh orientasi serat dan lama perlakuan NaCl terhadap kekuatan komposit TKKS. Kekuatan terbaik uji *density* yaitu orientasi serat anyam tanpa perendaman NaCl sebesar 1,178 gr/cm<sup>3</sup> dan kekuatan terendah yaitu acak tanpa perlakuan NaCl yaitu 1,067 gr/cm<sup>3</sup>.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh W.Suparno [4] melakukan penelitian tentang (*Studi Karakteristik Sifat Mekanik Biokomposit Berpenguat Serat Acak dan Tandan Kosong Kelapa Sawit-Polyester Menggunakan Perlakuan Alkali dan Hidrogen Peroksida*), telah melakukan penelitian dimana dalam penelitian ini menggunakan perlakuan alkali (NaOH) selama 1 jam dilanjutkan dengan perlakuan hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) selama 2 jam dan perbandingan komposisi serat dan 40%:60%, 50%:50%, dan 60%:40% yang kemudian dilakukan pengujian *impact* dan bending untuk mengetahui pengaruh komposisi serat dan terhadap kekuatan komposit. Hasil dari pengujian menunjukkan harga *impact* tertinggi terdapat komposit pada variasi komposisi 60%:40% yaitu sebesar 0,1498 J/mm<sup>2</sup>, sedangkan untuk harga *impact* terendah terdapat pada variasi komposisi 40%:60% yaitu

sebesar  $0,1343 \text{ J/mm}^2$ . Tegangan bending tertinggi terdapat pada variasi komposisi 60%:40% yaitu sebesar  $66,3678 \text{ N/mm}^2$ , sedangkan untuk tegangan bending terendah terdapat pada variasi komposisi 40%:60% yaitu sebesar  $62,7830 \text{ N/mm}^2$ .

Penelitian selanjutnya Anom Sampurno Jati, dkk [5] dengan judul (*Karakterisasi Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Sifat Fisis Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Perlakuan Alkali (NaOH)*), telah melakukan penelitian dimana dalam penelitian ini menggunakan resin polyester diberikan penguat berupa serat tandan kosong kelapa sawit dengan variasi orientasi serat acak, lurus, dan anyam serta serat diberi perlakuan alkali NaOH 5% dengan variasi lama perlakuan 2 jam, 4 jam dan tanpa perlakuan. Peneliti telah melakukan uji fisis yaitu uji density (kerapatan). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh orientasi serat dan lama perlakuan alkali terhadap kekuatan komposit serat tandan kosong kelapa sawit. Hasil penelitian yang telah dilakukan mendapatkan kekuatan terbaik uji kerapatan yaitu orientasi lurus perlakuan alkali 2 jam ( $1,1972 \text{ gr/cm}^3$ ) dan kekuatan terendah yaitu orientasi lurus tanpa perlakuan ( $1,102 \text{ gr/cm}^3$ )

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Guo Aofei, dkk [6] dengan judul (*Impact of Chemical Treatment on The Physico Chemical and Mechanical Properties of Kenaf Fiber*), melakukan penelitian yang mana serat sebelumnya diberi perlakuan alkali terlebih dahulu dan dilanjutkan dengan perlakuan  $10,8 \text{ ml}$  hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) dengan kemurnian 50% untuk  $100 \text{ ml}$  larutan selama 2 jam. Serat yang diberi perlakuan dapat menghilangkan kandungan *hemiselulosa* dan *lignin* yang dapat meningkatkan sifat hidrofobik dari serat.

Penelitian selanjutnya Suparno dkk [4], telah melakukan penelitian tentang (*Karakterisasi Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Sifat Fisis Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Perlakuan Alkali (NaOH)*), telah melakukan penelitian dimana dalam penelitian ini penggunaan serat tandan kosong kelapa sawit menjadi bahan penguat (*reinforcement*) dan resin *polyester yukalac 157 BQTN* menjadi matrik pengikatnya serta katalis *mepoxe* sebagai pengeras resin. Pada penelitian yang telah dilakukan, resin *polyester* diberikan penguat berupa serat tandan kosong kelapa sawit dengan variasi orientasi serat acak, lurus, dan anyam serta serat diberi perlakuan alkali NaOH 5% dengan variasi lama perlakuan 2 jam,

4 jam, dan tanpa perlakuan. Hasil penelitian yang telah dilakukan mendapatkan kekuatan terbaik uji kerapatan yaitu orientasi lurus perlakuan alkali 2 jam ( $1,1972 \text{ gr/cm}^3$ ) dan kekuatan terendah yaitu orientasi lurus tanpa perlakuan ( $1,102 \text{ gr/cm}^3$ ).

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh R. Siswanto [7], telah melakukan penelitian tentang (*Studi Karakteristik Terhadap Uji Impact dan Bending Komposit Tandan Kosong Kelapa Sawit-Polyester dengan Perlakuan Alkali dan Hidrogen Peroksida*), dalam penelitian ini serat TKKS dijadikan sebagai bahan penguat dalam material *hybrid biocomposite* dengan perlakuan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dengan konsentrasi 10,8% selama 2 jam, dan variasi komposisi serat berbanding (40%:60%, 50%:50%, dan 60%:40%) kemudian spesimen dilakukan pengujian *impact* dan *bending*. Hasil penelitian ini menunjukkan harga *impact* tertinggi material *hybrid biocomposite* serat lurus TKKS pada komposisi serat berbanding (60%:40%) yaitu sebesar  $0,1550 \text{ J/mm}^2$  dan harga *impact* terkecil pada komposisi serat berbanding (40%:60%) yaitu sebesar  $0,134 \text{ J/mm}^2$ . Sedangkan harga *bending* tertinggi pada komposisi serat berbanding (60%:40%) yaitu sebesar  $101,7317 \text{ N/mm}^2$  dan harga *bending* terkecil pada komposisi serat berbanding (40%:60%) yaitu sebesar  $62,5892 \text{ N/mm}^2$ .

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Siti Agustina [8], melakukan penelitian tentang (*Biokomposit Serat Kelapa Sawit Sebagai Bahan Otomotif*) penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan biokomposit serat kelapa sawit untuk bahan otomotif. Metode penelitian adalah: Serat dikesilkan ukuran menjadi 50 *mesh*, selanjutnya direndam di larutan NaOH 10% selama 24 jam kemudian, dikeringkan. Serat kelapa sawit dicampur dengan *polipropilene*,  $\text{CaCO}_3$  dan *gliserin*, selanjutnya proses pencampuran di *extruder* pada suhu  $190^\circ\text{C}$ , kemudian dicetak. Analisis karakteristik biokomposit serat kelapa sawit, yaitu terdiri dari densitas, daya tekan, ketahanan tekan, tegangan tarik, regangan tarik, dan morfologi permukaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa densitas =  $1,0278 \text{ g/cm}^3$ , daya tekan =  $3106,250 \text{ N}$ , tegangan tarik =  $33,9664 \text{ N/mm}^2$ , regangan tarik =  $8,602 \%$ , ketahanan tekan sebesar  $10,245 \text{ N/mm}^2$  dan morfologi permukaan menunjukkan bahan bercampur secara homogen.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Amin [9], melakukan tentang (*Pemanfaatan Limbah Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Pembuat Helm Pengendara Kendaraan Roda Dua*) penelitian ini meneliti pengaruh fraksi volume

serat terhadap kekuatan tarik, modulus, dan regangan dari komposit serat sabut kelapa-*polyester*, meneliti pengaruh fraksi volume serat terhadap struktur mikro komposit serat sabut kelapa-*polyester* dan mengoptimalkan penggunaan komposit serat sabut kelapa-*polyester* sebagai bahan helm pengendara kendaraan roda dua.

Adapun letak kesamaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian terdahulu seperti yang diatas adalah terletak pada objek penelitiannya yaitu penelitian tentang TKKS yang digunakan sebagai bahan penguat dari material komposit dan penggunaan resin yang digunakan adalah resin *polyester*. Sedangkan perbedaannya adalah serat yang digunakan dalam penelitian ini serat acak TKKS dan metode yang digunakan sebelumnya adalah metode *hand lay-up* untuk penelitian ini peneliti akan menggunakan metode *vacuum bagging* Untuk penelitian ini peneliti akan melakukan pengujian mekanik pada komposit yaitu uji tarik dan uji *impact* dan melakukan simulasi menggunakan *Finite Element*.

## 2.2. Kelapa Sawit

Kelapa sawit adalah tumbuhan industri yang mana buahnya dapat menghasilkan minyak. Minyak yang dihasilkan seperti minyak masak, minyak industri, dan minyak bahan bakar (*biodiesel*). Sebelum menjadi minyak, kelapa sawit harus diolah terlebih dahulu. Dari pengolahan kelapa sawit akan menghasilkan CPO (*Crude Palm Oil*), dan PKO (*Palm Kernel Oil*). CPO setelah melalui proses pemurnian akan menghasilkan minyak kelapa sawit. PKO juga merupakan bahan baku minyak kelapa sawit yang disebut dengan istilah minyak inti sawit [10].

Selain menghasilkan CPO dan PKO kelapa sawit juga akan menghasilkan limbah yang diakibatkan dari proses pengolahannya. Dari proses pengolahan kelapa sawit maka akan menghasilkan limbah cair dan limbah padat. Limbah cair yang dihasilkan disebut *Palm Oil Mills Effluent* (POME), sedangkan limbah padat kelapa sawit dapat berupa tandan kosong, cangkang, lumpur sawit, dan sabut. Dalam pengolahan 1 ton kelapa sawit maka akan menghasilkan limbah padat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebesar 23% atau 230 kg, limbah cangkang (*shell*) sebanyak 6,5% atau 65 kg, *wet decanter solid* (lumpur sawit) 4% atau 40 kg, serabut (*fiber*) 13% atau 130 kg. Sedangkan limbah cair sebanyak 50%. Dari keempat

limbah padat yang dihasilkan dari proses pengolahan kelapa sawit, limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan limbah yang cukup besar yaitu sekitar 126.317,54 ton/tahun. [10]

Secara visual, TKKS merupakan sekumpulan serat yang tebal berwarna coklat yang sengaja disisihkan setelah proses perebusan buah proses melalui *rotary drum thresher* di pabrik pengolahan kelapa sawit. TKKS berbentuk tidak teratur dengan bobot kira-kira 3,5 kg dan memiliki ketebalan 130 mm dengan panjang bervariasi 170-300 mm dan lebar 250-350 mm. Hasil perhitungan dari 200 sampel TKKS di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), diperoleh bobot rata-rata 5,1 kg, panjang tandan 44,8 cm, lebar 35 cm dan ketebalan 19,4 cm. [11]

### 2.3. Material Komposit

Komposit berasal dari kata kerja “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Secara sederhana dapat diartikan bahwa komposit adalah penggabungan dari dua material atau lebih yang memiliki fasa yang berbeda menjadi satu material baru. Terdapat dua fasa dalam material komposit, fasa pertama matrik dan fasa kedua *reinforcement/filler*. Matrik berfungsi sebagai pengikat dan *reinforcement* yang berfungsi sebagai penguat bahan komposit.

Komposit pada dasarnya merupakan gabungan bahan-bahan yang berbeda dalam skala makro. Komposit ada yang berasal dari alam dan ada yang buatan manusia, contoh komposit alami yang ada di alam adalah kayu yang merupakan gabungan serat *selulosa* di dalam matriks *lignin*. Komposit buatan manusia biasanya terdiri dari gabungan antara material serat yang kuat seperti serat kaca, karbon yang digabungkan dalam matrik resin seperti *epoxy* atau *polymer*. Kelebihan komposit adalah sifatnya yang dapat diatur. Salah satu cara pengaturan sifat pada material komposit adalah dengan mengubah arah orientasi, susunan, dan sudut material penyusunnya.

Salah satu keunggulan material komposit bila dibandingkan dengan material lain yaitu terdapat pada penggabungan unsur-unsur yang unggul dari masing-masing unsur pembentuknya. Sifat material dari hasil penggabungan diharapkan dapat saling melengkapi kelemahan-kelemahan yang ada pada masing-masing

material penyusunnya. Sifat-sifat yang dapat diperbarui dari penggabungan antara lain:

- 1) Berat (*weight*)
- 2) Kekakuan (*stiffness*)
- 3) Kekuatan (*strength*)
- 4) Ketahanan gesek/aus (*wear resistance*)
- 5) Ketahanan korosi (*corrosion resistance*)
- 6) Ketahanan lelah (*fatigue life*)
- 7) Masa pakai yang lama
- 8) Meningkatkan konduktivitas panas

#### **2.4. Bahan Penyusun Komposit**

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, komposit merupakan penggabungan dari dua material atau lebih yang memiliki fase yang berbeda menjadi suatu material baru. Adapun bahan penyusun komposit terdiri dari dua yaitu:

##### **2.4.1. Matrik**

Matrik adalah bagian dari komposit yang mengelilingi partikel penyusun komposit, yang berfungsi sebagai bahan pengikat partikel dan ikut membentuk struktur fisik komposit. Matrik tersebut bergabung dengan bahan penyusun lainnya, oleh karena itu secara tidak langsung matrik mempengaruhi sifat-sifat fisik dari komposit yang dihasilkan.

Matrik dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Matrik secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Namun didalam pembuatan komposit pada umumnya menggunakan resin.

##### **2.4.2. Reinforcement/Filler**

*Reinforcement* adalah salah satu bagian utama dari material komposit yang berfungsi sebagai penguat. Bahan penguat memiliki sifat kuat dan kaku. *Reinforcement* dapat dibedakan menjadi 2 yaitu bahan alami dan bahan buatan. Contoh bahan penguat alami berupa serat kelapa, serat eceng gondok, serat aren, serat tandan kosong kelapa sawit, partikel, dan masih banyak lainnya. Contoh bahan penguat buatan berupa serat karbon, serat gelas, dan keramik.

Pada penelitian ini peneliti menggunakan bahan penguat alami yaitu serat tandan kosong kelapa sawit.

## **2.5. Perlakuan Kimia pada Serat**

Masalah utama komposit serat alam berasal dari sifat hidrofilik dari serat dan sifat hidrofobik matriks. Ketidakcocokan yang terdapat antara kedua fase ini mengakibatkan melemahnya ikatan pada antar permukaan. Perlakuan kimiawi pada serat penguat dapat mengurangi kecenderungan hidrofiliknya dan dengan demikian meningkatkan kompatibilitas dengan matriks. Terdapat beberapa perlakuan kimia yang bisa digunakan untuk meningkatkan kekuatan serat alam diantaranya sebagai berikut:

### **2.5.1. Perlakuan Alkali**

Perlakuan serat alam dengan natrium hidroksida (NaOH) secara luas digunakan untuk memodifikasi struktur molekul selulosa. Mengubah orientasi orde selulosa kristal yang sangat padat dan membentuk daerah *amorphous*. Hal ini akan memberikan lebih banyak akses untuk menembus bahan kimia. Di daerah *amorphous*, makromolekul selulosa dipisahkan pada jarak yang jauh dan ruang diisi oleh molekul air. Hidroksil (OH) sensitif alkali yang ada di antara molekul dipecah, yang kemudian bereaksi dengan molekul air (H-OH) dan keluar dari struktur serat. Molekul reaktan yang tersisa membentuk kelompok serat sel O-Na antara rantai molekul selulosa. Oleh karena itu, hidroksil hidrofilik berkurang dan meningkatkan sifat tahan kelembaban serat. Ini juga menghilangkan bagian tertentu dari hemiselulosa, lignin, pektin, lilin, dan bahan penutup minyak. Hasilnya, permukaan serat menjadi bersih. Dengan kata lain, permukaan serat menjadi lebih beragam karena eliminasi makrovoid dan kapasitas transfer tegangan antara sel-sel utama meningkat. Selain itu, mengurangi diameter serat dan meningkatkan rasio aspek (panjang/diameter). Sifat mekanis dan termal komposit meningkat secara signifikan dengan perlakuan alkali. Jika konsentrasi alkali lebih tinggi dari kondisi optimum, dapat mengakibatkan melemah atau rusaknya serat [12].

### 2.5.2. Perlakuan Hidrogen Peroksida

Hidrogen peroksida adalah zat oksidator biasa digunakan sebagai pemutih yang ramah lingkungan untuk serat alami. Perlakuan serat alami dengan hidrogen peroksida dapat digunakan untuk memutihkan bahan selulosa karena kerusakan oksidatif pada bahan biasanya minimal. Pemutihan  $H_2O_2$  dapat menghilangkan lilin, zat berlemak dan lignin. Selain itu, hidrogen peroksida memiliki beberapa keunggulan, diantaranya serat yang melalui pemutih memiliki ketahanan yang tinggi dan penurunan kekuatan serat yang sangat kecil [13]

## 2.6. Metode Pembuatan Komposit

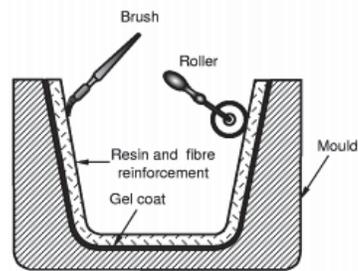
Bahan komposit merupakan bahan gabungan yang dapat diartikan sebagai suatu material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua bahkan lebih unsur utama yang berbeda dan komposisi material yang tidak dapat dipisahkan. Secara garis besar metode pembuatan material komposit dibedakan menjadi dua yaitu proses cetakan terbuka (*open mould process*) dan proses cetakan tertutup (*closed mould process*).

### 2.6.1. Proses Cetakan Terbuka (*Open Mould Process*)

Metode pembuatan komposit dengan proses cetakan terbuka terdiri dari beberapa jenis yaitu sebagai berikut:

#### 1) *Contact moulding/hand lay up*

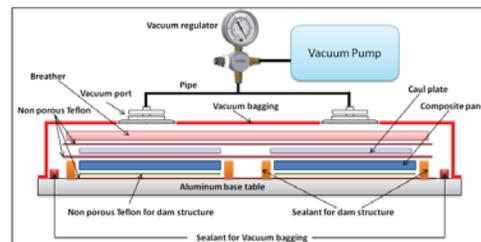
*Hand lay-up* adalah metode yang paling sederhana. Proses pembuatan material komposit dengan metode ini yaitu dengan cara menungkan resin menggunakan tangan kedalam serat yang sudah dibentuk. Kemudian diberi tekanan sekaligus meratakan menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut diulang-ulang sampai ketebalan yang diinginkan. Biasanya proses pencetakan dilakukan pada suhu ruang. Proses *hand lay-up* dapat dilihat pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Hand lay-up [23]

## 2) Vacuum bag

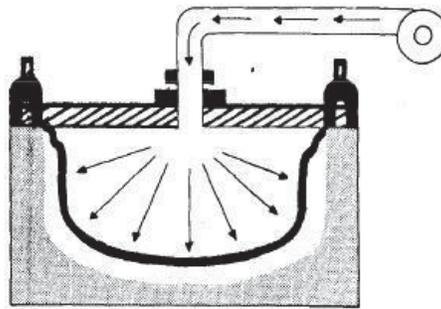
Proses *vacuum bag* merupakan penyempurnaan dari proses *hand lay-up*. Penggunaan proses *vacuum* ini adalah untuk menghilangkan udara yang terperangkap dan kelebihan resin. Pada proses ini digunakan pompa *vacuum* untuk menghisap udara yang ada dalam wadah tempat diletakkannya komposit yang akan dilakukan proses pencetakan. Dengan divakumkan udara dalam wadah maka udara yang ada diluar penutup plastik akan menekan kearah dalam. Hal ini akan menyebabkan udara yang terperangkap dalam *spesimen* komposit akan dapat diminimalkan. Proses *vacuum bag* dapat dilihat pada gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Vacuum bag [14]

## 3) Pressure bag

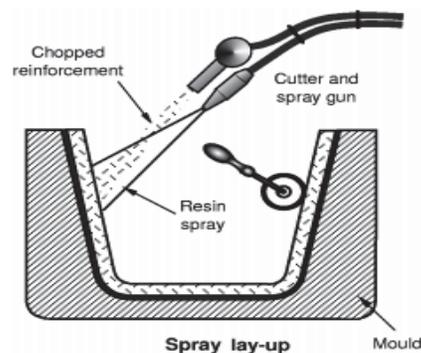
*Pressure bag* memiliki kesamaan dengan metode *vacuum bag*, namun cara ini tidak memakai pompa *vacuum* tetapi menggunakan udara atau uap bertekanan yang dimasukkan melalui suatu wadah elastis. Biasanya tekanan besar tekanan yang diberikan pada proses ini adalah sebesar 30 sampai 50 psi. Proses *pressure bag* dapat dilihat pada gambar 2.3.



**Gambar 2.3** *Pressure bag* [23]

#### 4) *Spray lay up*

*Spray lay-up* merupakan metode cetakan terbuka yang biasanya digunakan untuk membuat bagian-bagian yang lebih kompleks ekonomis dari *hand lay-up*. Proses *spray-up* dilakukan dengan cara penyemprotan serat yang telah melewati tempat pemotongan (*chopper*). Sementara resin yang telah dicampur dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan ke dalam tempat pencetakan yang telah disiapkan sebelumnya. Setelah itu proses selanjutnya adalah dengan membiarkannya mengeras pada kondisi atmosfer standar. Proses *spray lay-up* dapat dilihat dapat gambar 2.4.

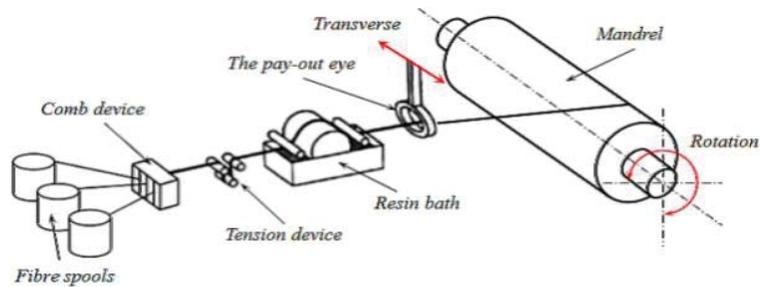


**Gambar 2.4** *Spray lay-up* [23]

#### 5) *Filament winding*

*Fiber tipe roving* atau *single strand* dilewatkan melalui wadah yang berisi resin, kemudian *fiber* tersebut akan diputar sekeliling *mandrel* yang sedang bergerak dua arah, arah radial dan arah tangensial. Proses ini dilakukan berulang, sampai ketebalan lapisan sesuai yang diinginkan. Resin *termoseting* yang biasa digunakan pada proses ini adalah *poliester*, *vinil*

ester, epoxy, dan fenolat. Proses *filament winding* dapat dilihat pada gambar 2.5.



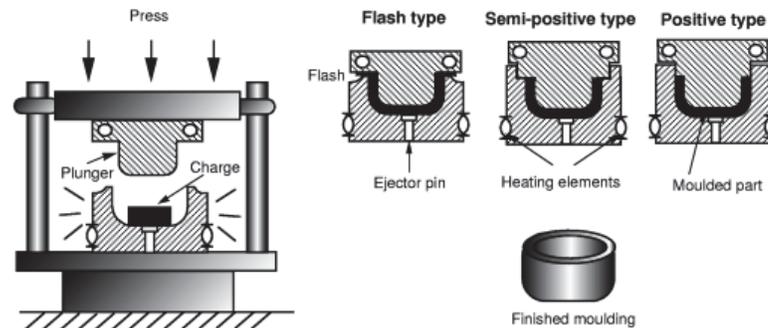
**Gambar 2.5** *Filament winding* [15]

### 2.6.2. Proses Cetakan Tertutup (*Closed Mould Process*)

Metode pembuatan komposit dengan proses cetakan tertutup terdiri dari beberapa jenis yaitu sebagai berikut:

#### 1) *Compression molding*

Proses cetakan ini menggunakan *hydraulic* sebagai penekannya. *Fiber* yang telah dicampur dengan resin dimasukkan ke dalam rongga cetakan, kemudian dilakukan penekanan dan pemanasan. Resin termoset khas yang digunakan dalam proses cetak tekan ini adalah *poliester, vinil ester, epoxy, dan fenolat*. Proses *compression molding* dapat dilihat pada gambar 2.6.

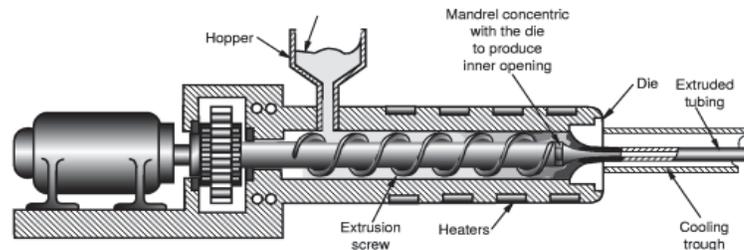


**Gambar 2.6** *Compression molding* [23]

#### 2) *Injection molding*

Metode *injection molding* juga dikenal sebagai reaksi pencetakan cairan atau pelapisan tekanan tinggi. *Fiber* dan resin dimasukkan kedalam rongga cetakan bagian atas, kondisi *temperature* dijaga supaya tetap dapat mencairkan resin. Resin cair beserta *fiber* akan mengalir ke bagian bawah,

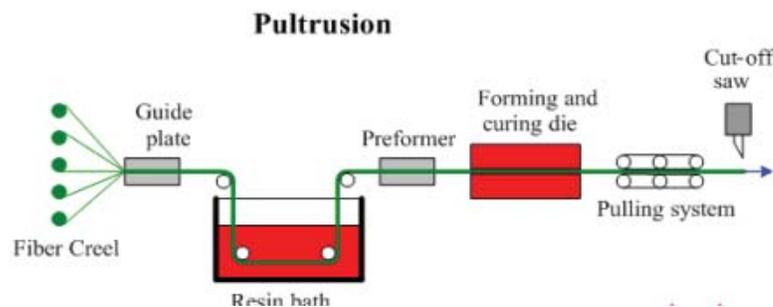
kemudian injeksi dilakukan oleh *mandrel* ke arah *nozzle* menuju cetakan. Proses *injection molding* dapat dilihat pada gambar 2.7.



**Gambar 2.7** Injection molding [23]

### 3) *Continous pultrusion*

*Fiber jenis roving* dilewatkan melalui wadah berisi resin, kemudian secara kontinu dilewatkan ke cetakan dan diawetkan (*cure*), kemudian dilakukan pengerolan sesuai dengan dimensi yang diinginkan. Atau juga bisa disebut sebagai penarikan serat dari suatu jaring atau *creel* melalui bak resin, kemudian dilewatkan pada cetakan yang telah dipanaskan. Fungsi dari cetakan tersebut adalah mengontrol kandungan resin, melengkapi pengisian serat, dan mengeraskan bahan menjadi bentuk akhir setelah melewati cetakan. Proses *continuous pultrusion* dapat dilihat pada gambar 2.8.



**Gambar 2.8** Continuous Pultrusion [16]

## 2.7. Jenis Material Komposit

Jenis-jenis komposit berdasarkan jenis penguatnya dapat dibedakan menjadi tiga yaitu sebagai berikut:

- 1) Komposit serat, yaitu komposit yang terdiri dari serat dan bahan dasar yang difabrikasi, misalnya serat dengan dicampur resin sebagai perekat.
- 2) Komposit berlapis (*laminated composite*), merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua atau lebih lapisan yang digabungkan menjadi satu dan setiap

lapisannya memiliki karakteristik khusus. Contohnya *polywood, laminated glass* yang sering digunakan sebagai bahan bangunan dan kelengkapannya.

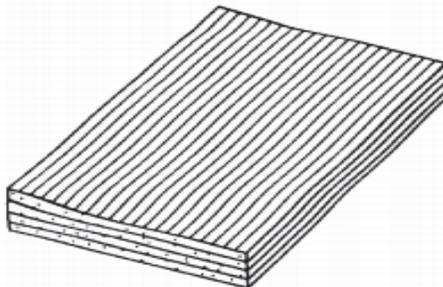
- 3) Komposit partikel (*particulate composite*), yaitu komposit yang menggunakan partikel atau sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriks. Komposit yang terdiri dari partikel dan matriks seperti butiran (batu dan pasir) yang diperkuat dengan semen yang sering kita jumpai sebagai beton.

Berdasarkan matriksnya komposit dibedakan menjadi tiga yaitu sebagai berikut:

- 1) *Metal Matrix Composites* (MMC) yaitu komposit yang menggunakan matriks logam.
- 2) *Ceramic Matrix Composites* (CMC) yaitu komposit yang menggunakan matriks keramik.
- 3) *Polymer Matrix Composites* (PMC) yaitu komposit yang menggunakan matriks polimer.

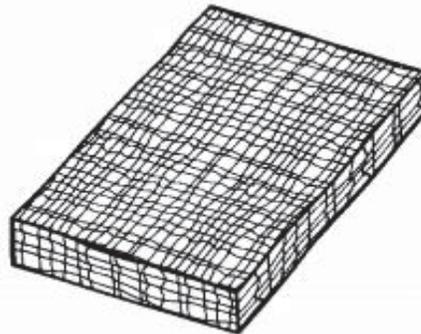
Menurut Gibson, (1994) jika dilihat dari susunan seratnya, komposit jenis *fiber* terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu sebagai berikut:

- 1) Komposit dengan susunan serat kontinyu (*continous fiber composite*).



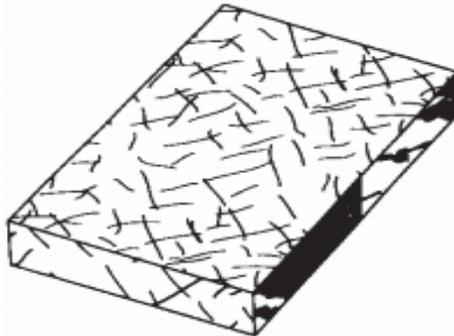
**Gambar 2.9** *Continous fiber composite* [17]

- 2) Komposit dengan susunan serat anyaman (*woven fiber composite*).



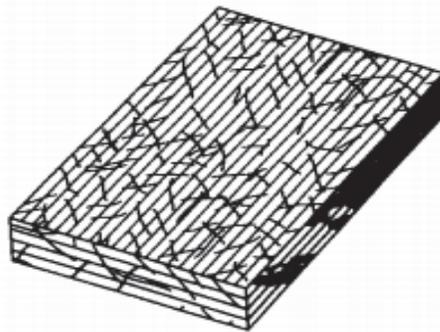
**Gambar 2.10** *Woven fiber composite* [17]

- 3) Komposit dengan susunan serat pendek/acak (*chopped fiber composite*).



**Gambar 2.11** *Chopped fiber composite* [17]

- 4) Komposit *hybrid*.



**Gambar 2.12** *Hybrid composite* [17]

### 2.7.1. Bahan Tambahan

Selain matrik dan *reinforcement*, terdapat bahan tambahan lain yang digunakan untuk pembuatan material komposit. Penambahan bahan-bahan ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dari komposit yang akan dihasilkan. Bahan-bahan tambahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- 1) Katalis

Katalis adalah bahan pemicu yang berfungsi untuk mempersingkat proses pengeringan. Persentase katalis dalam pembuatan komposit *relative* kecil yaitu sekitar (0,5%-1%), komposisi ini harus sangat diperhatikan. Kelebihan katalis akan menimbulkan panas saat proses pengeringan, namun apabila pencampuran katalis dalam resin terlalu banyak hal ini dapat

merusak produk. Sedangkan jika terlalu sedikit proses pengeringan akan menjadi lama.

## 2) *Release agent*

*Release agent* atau zat pelapis yang berfungsi untuk mencegah agar produk tidak lengket pada cetakan saat proses pembuatan. Pelapisan dilakukan sebelum proses pembuatan dilakukan.

## 2.8. Pengujian Mekanis

Uji mekanis adalah pengujian terhadap sifat mekanik yang berhubungan dengan sifat elastis, plastis, kekuatan dan kekakuan, suatu material terhadap pembebanan yang diberikan. Uji mekanis yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 2.8.1. Uji Tarik

Pengujian tarik merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui kekakuan maksimum (*tensile strength*), kekuatan luluh (*yield strength*) dan perpanjangan (*elongation*) material dengan memberi beban (gaya statis) yang sesumbu dan diberikan secara kontinyu yang sifat-sifat suatu bahan. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Prinsip dari pengujian tarik adalah apabila benda uji diberi tarikan, maka benda akan mengalami proses deformasi dan mengakibatkan putusnya benda uji. Spesimen pengujian tarik dibentuk menurut standar ASTM D-638.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dimana:

$$F = \text{gaya tarik (N)}$$

$$A = \text{luas penampang (m}^2\text{)}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Keterangan:

$$\Delta L = \text{pertambahan panjang (m)}$$

$$L = \text{panjang awal (m)}$$

Hubungan antara *stress* dan *strain* dihubungkan:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Dimana:

$$E = \text{modulus elastisitas}$$

### 2.8.2. Uji *Impact*

Pengujian *impact* bertujuan untuk mengukur berapa energi yang dapat diserap suatu material sampai material tersebut patah. Pengujian *impact* merupakan respon terhadap beban kejut atau beban tiba-tiba (beban *impact*). Energi patahan yang diserap biasanya dinyatakan dalam satuan *joule*.

Prinsip dari pengujian *impact* adalah apabila benda uji diberi beban kejut, maka benda akan mengalami proses penyerapan energi sehingga terjadi deformasi plastis yang mengakibatkan patah. Kekuatan *impact* dapat dihitung dengan persamaan 2.1 (ASTM D256-04).

$$HI = \frac{E_s}{A_0} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

HI = Harga *impact* (joule/mm<sup>2</sup>).

E<sub>serap</sub> = Energi diserap (joule).

A<sub>0</sub> = Luas permukaan penampang (mm<sup>2</sup>).

### 2.9. *Finite Element*

Metode elemen hingga atau *Finite Element Analysis* (FEA) adalah metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan matematis dari suatu gejala psikis yang diantaranya adalah tegangan, regangan, kekuatan, dan analisa getaran. Metode elemen hingga inilah yang dapat membandingkan antara perhitungan dengan menggunakan *software CATIA* dan dengan menggunakan perhitungan secara manual. Dalam hal ini metode elemen hingga yang akan

dipergunakan adalah metode elemen hingga 2D (bidang) yaitu elemen segitiga dengan 3 *node*. Metode elemen hingga 2D dalam hal ini elemen bidang segitiga dengan 3 *node* didasarkan untuk keperluan analisa suatu continuum yang berupa luasan. Permasalahan yang dapat dipecahkan oleh elemen bidang segitiga ini menyangkut matrik kekakuan elemen, *plain strain* dan *plain stress* serta *vector-vector* gaya yang bekerja pada elemen dari produk spesimen uji tarik dan *impact* tersebut. Secara terperinci hal-hal yang disebut akan ditinjau dalam sistem koordinat lokal dan sistem koordinat global. [18]

Teknik umum metode elemen hingga dan terminologi akan diperkenalkan dengan mengacu pada gambar tersebut menggambarkan volume beberapa material atau material yang memiliki sifat fisik yang diketahui. Volume mewakili domain dari masalah nilai batas yang akan dipecahkan. Untuk mempermudah, pada titik ini, diasumsikan kasus dua dimensi dengan variabel medan tunggal  $(x, y)$  yang akan ditentukan pada setiap titik  $P(x, y)$  sedemikian rupa sehingga persamaan yang mengatur (atau persamaan) yang diketahui adalah sangat persis di setiap titik tersebut. Perhatikan bahwa ini memperlihatkan solusi matematika yang tepat. artinya, solusinya adalah ekspresi aljabar bentuk tertutup dari variabel independen. Oleh karena itu, solusi perkiraan berdasarkan teknik numerik dan komputasi digital paling sering digunakan dalam analisis teknik dari masalah yang kompleks. *Finite Element Analysis* (FEA) adalah teknik yang ampuh untuk mendapatkan solusi yang mendekati dengan akurasi yang baik.