

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penerapan teknologi komposit banyak digunakan sebagai aplikasi pada proses manufaktur sebagai material baru. Material komposit mampu menggeser dominasi logam dalam aplikasi dan struktural. Pemanfaatan papan komposit sudah semakin luas seperti pada peralatan olah raga, transportasi, peralatan rumah tangga serta *equipment* dalam teknologi *aerospace*. Di Asia khususnya Jepang, pada tahun 2005 sekitar 88% komponen otomotif telah di daur ulang, sedangkan pada tahun 2015 ditargetkan komponen yang dapat didaur ulang meningkat menjadi sekitar 95% (*Holbery dan Houston, 2006*). Keuntungan penggunaan material papan komposit ini antara lain; rasio antara kekuatan dan densitasnya cukup tinggi (ringan), murah, dan proses pembuatannya mudah.

Komposit yang merupakan suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan, dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut. Komposit terdiri dari gabungan antara matrik dan penguat. Penguat yang berupa serat sangat dominan dalam penggunaan pada material komposit. Pertimbangan pemilihan serat untuk komposit sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter diantaranya adalah nilai kekuatan dan kekakuan komposit yang diinginkan, perpanjangan ketika patah, stabilitas termal, ikatan antara serat dan matrik, perilaku dinamik, perilaku jangka panjang, massa jenis, harga, biaya proses, ketersediaan, dan kemudahan daur ulang (*Riedel, 1999*).

Bila dibandingkan antara berat dan kekuatannya, serat agave yang tergolong serat alami ini memiliki sifat mekanik yang relatif baik dibandingkan dengan serat alam yang lain. Serat agave merupakan serat alam yang berasal dari tumbuhan lidah buaya yang banyak terdapat di Indonesia. Dengan banyaknya tanaman lidah buaya di Indonesia, potensinya sangatlah bagus untuk diolah menjadi bahan penguat pada komposit juga meningkatkan daya guna serat lidah buaya.

Pada penelitian ini disamping menggunakan bahan penguat dari serat agave, jenis matriks yang digunakan adalah resin *polyester*. Resin *polyester* adalah salah satu jenis

polimer termoset yang mudah diperoleh dan digunakan masyarakat dari kalangan umum maupun industri dalam skala kecil maupun besar. Resin *polyester* mempunyai kemampuan untuk berikatan dengan serat alam tanpa menimbulkan reaksi dan gas (Hartanto, Ludi, 2009), namun kekurangan dari *polyester* sendiri ialah tingkat penyusutan volumenya yang tinggi. (Amelia, 2014).

Fungsi komposit sendiri tidak hanya meliputi sifat mekaniknya saja, namun saat ini sudah banyak penelitian yang lebih luas dalam hal mengamati kegunaan yang lain, seperti ketahanan listrik, ketahanan panas, dan aplikasi lingkungan. Salah satu aspek yang sedang marak diamati adalah penyusutan komposit. Penyusutan komposit sangat perlu diperhatikan dalam dunia produksi material, karena produksi sebuah material yang efisien adalah proses produksi yang tidak memakan waktu lama dan mengeluarkan banyak biaya karena adanya beberapa proses sampai material tersebut jadi.

Dalam dunia produksi, sebuah desain produk yang nantinya akan diproses untuk menjadi produk jadi. Sebisa mungkin proses produksi tersebut dilakukan secara efisien agar tidak memakan waktu lama dan mengeluarkan biaya yang banyak, entah dengan memperbaharui desain produk dengan menghitung penyusutan komposit yang akan terjadi atau menambah proses produksi dari produk tersebut. Dikarenakan tuntutan proses produksi untuk bisa seefisien mungkin, maka penyusutan komposit memang harus diperhitungkan agar dapat memperbaharui sistem proses produksi yang lebih efisien.

Berdasarkan uraian diatas, suatu proses produksi dituntut untuk lebih efisien dan menghasilkan material yang lebih ramah lingkungan juga memiliki sifat mekanik yang baik, maka perlu adanya pengamatan lebih lanjut mengenai proses produksi komposit yang lebih efisien dengan memperhitungkan penyusutannya, material komposit yang memiliki perbandingan kekuatan dan berat yang menguntungkan, juga material komposit yang ramah lingkungan dengan adanya penguat komposit dari serat alam yaitu serat agave

Pada penelitian sebelumnya, Adhitya (2015) meneliti tentang pengaruh variasi fraksi berat serat daun nanas terhadap prosentase penyusutan pada komposit yang menggunakan matriks *polyester*. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwasanya semakin besar berat serat agave maka penyusutan semakin rendah. Maka diperlukan penelitian lebih lanjut dengan memvariasikan tinggi bentuk cetakan terhadap prosentase penyusutan komposit yang berpengisi serat agave.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang akan di teliti adalah bagaimana pengaruh tinggi cetakan terhadap prosentase penyusutan komposit berpengisi serat agave.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan lebih terarah, maka perlu dibuat batasan-batasan sebagai berikut :

1. Jenis matrik yang digunakan adalah *polyester YUCALAC 157 BQTN*.
2. Jenis serat penguat yang digunakan adalah serat agave.
3. Pembuatan spesimen dibuat dengan cara hand lay-up.
4. Tinggi bentuk cetakan terdiri dari 5 macam : 3cm,4cm,5cm,6cm,dan 7cm.
5. Cetakan terbuat dari *silicon*.
6. Asumsi yang digunakan :
 - Panjang serat agave dianggap sama.
 - Jarak antar serat dianggap sama.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh tinggi cetakan terhadap prosentase penyusutan komposit berpengisi serat agave.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini diharapkan memberi kegunaan untuk pengembangan material baru terutama pada material komposit yang menggunakan serat alam seperti serat agave dengan matrik *polyester*.
2. Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat terhadap wawasan peneliti dalam menganalisis adanya penyusutan pada material komposit, sehingga dapat memperoleh prosentase penyusutan yang paling minimal.
3. Penelitian ini diharapkan menjadi wujud aplikasi dari rekayasa teknologi produksi untuk menuju pengembangan ilmu pengetahuan dan kemajuan teknologi di dunia dan khususnya di indonesia sendiri di masa mendatang.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

R.M.N. Arib (2004), dalam risetnya meneliti tentang pengaruh penambahan serat agave pada kekuatan tarik *polypropylene*. Serat agave dapat mengikat resin dengan cara ikatan kovalen yang bersifat polar, dan dapat dipakai sebagai penguat komposit. Hasilnya kekuatan tarik komposit yang paling tinggi terdapat pada fraksi volume 10,8% dengan kekuatan tariknya 687,02 MPa.

F. Havlicek (2011), dalam risetnya meneliti tentang pengaruh bentuk luas penampang pola terhadap laju solidifikasi coran. Pada penelitiannya, perubahan bentuk luas penampang pola berdampak negative terhadap kualitas coran yang berakibat meningkatnya prosentase penyusutan. Hasilnya prosentase penyusutan paling besar terdapat pada pola balok

Adhitya (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh fraksi berat serat nanas dan bentuk cetakan terhadap prosentase penyusutan pada komposit dengan menggunakan jenis resin polyester yukalac type 157 BQTN. Dalam penelitiannya didapatkan bahwasannya semakin besar berat serat agave maka nilai penyusutannya semakin kecil dan untuk bentuk cetakan didapatkan penyusutan terkecil pada bentuk cetakan silinder dengan fraksi berat serat agave 40 % dan penyusutan terbesar terdapat pada bentuk cetakan segi empat dengan fraksi berat serat agave 10 %.

2.2 Pengertian Material Komposit

Pengertian komposit adalah kombinasi makroskopik dari dua atau lebih bahan yang memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda. Dikarenakan perbedaan dari bahan pembentuknya, maka dihasilkan material komposit yang sifat mekanik dan karakteristiknya berbeda pula dari bahan-bahan pembentuknya. (Schwartz, 1992).

Kata komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Secara sederhana bahan komposit berarti bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua bahan gabungan dari dua bahan atau lebih bahan lainnya. Jadi komposit adalah suatu bahan yang merupakan gabungan dari dua atau lebih material untuk membentuk material yang sifat mekanisnya dapat disesuaikan sesuai kebutuhan. Komposit dan *alloy* memiliki perbedaan dari cara penggabungan yaitu apabila komposit digabung

secara makroskopis sehingga masih kelihatan serat maupu matriknya (komposit serat), sedangkan *alloy* / paduan gabungan secara makroskopis sehingga tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya (Jones, 1975). Pada umumnya komposit di bentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang ductile tetapi lebih kaku dan keras serta lebih kuat.
2. Matrik, umumnya lebih kuat (*ductile*) tetapi mempunyai kakuatan dan kaku yang lebih rendah.

Salah satu keunggulan dari material komposit bila dibandingkan dengan material lainnya adalah penggabungan unsur-unsur yang unggul dari masing-masing unsur pembentuknya. Sifat material hasil penggabungan ini di harapkan dapat saling melengkapi kelemahan kelemahan yang ada pada masing masing material penyusunnya. sifat-sifat ini menurut (Jones, 1975) antara lain:

- a. Kekuatan (*strength*)
 - b. Kekauan (*stiffness*)
 - c. Ketahanan korosi (*corrosion resistance*)
 - d. Ketahanan gesek (*wear resistance*)
 - e. Berat (*weight*)
 - f. Ketahanan lelah (*fatigue life*)
3. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang ductile tetapi lebih kaku dan keras serta lebih kuat.
 4. Matrik, umumnya lebih kuat (*ductile*) tetapi mempunyai kakuatan dan rigiditas yang lebih rendah.

Salah satu keunggulan dari material komposit bila dibandingkan dengan material lainnya adalah penggabungan unsur-unsur yang unggul dari masing-masing unsur pembentuknya. Sifat material hasil penggabungan ini di harapkan dapat saling melengkapi kelemahan kelemahan yang ada pada masing masing material penyusunnya. sifat-sifat ini menurut (Jones, 1975) antara lain:

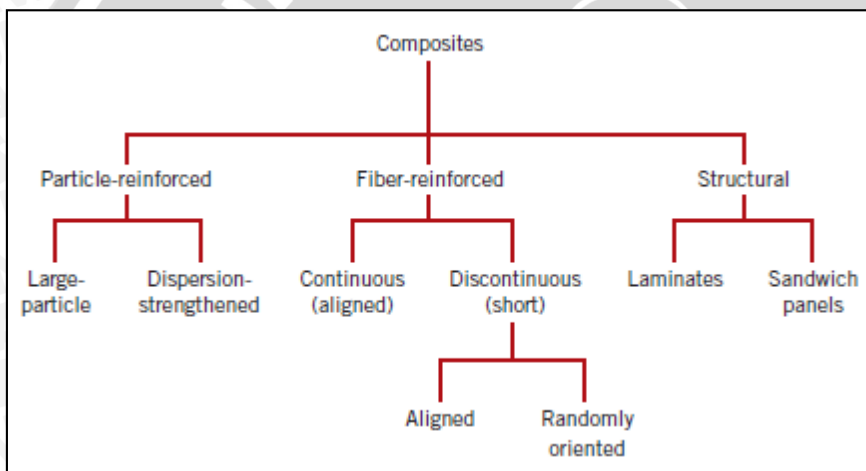
- a. Kekuatan (*strength*)
- b. Kekauan (*stiffness*)
- c. Ketahanan korosi (*corrosion resistance*)
- d. Ketahanan gesek (*wear resistance*)
- e. Berat (*weight*)
- f. Ketahanan lelah (*fatigue life*)

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
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 2.1 Klasifikasi material komposit

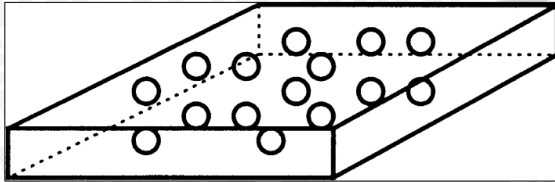
Sumber : Callister (1994, 579)

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 :

1. Meningkatkan reaksi antara partikel dengan campurannya.
2. Memperkecil diameter pori.
3. Menurunkan nilai porositas.
4. Meningkatkan kerapatan.
5. Meningkatkan kekuatan tekan dan beban lentur.



Gambar 2.2 Komposit partikel (*particulated composite*)

Sumber : Autar (2006:18)

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

a. *Large particle composite*

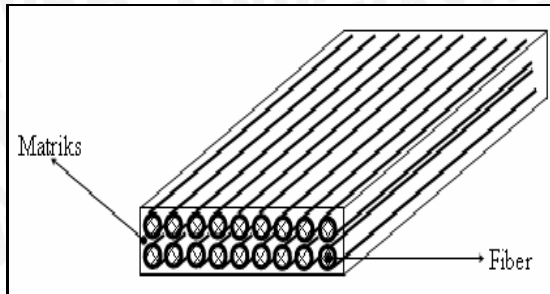
Untuk komposit jenis ini diameter partikel yang digunakan lebih besar daripada *dispersion strengthened* yaitu diatas $0,1 \mu\text{m}$ (100 nm). Sehingga interaksi antara partikel penguat dan matrik tidak dapat diperlakukan dalam tingkat atom atau molekul. Partikel penguat cenderung menahan gerakan 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 ThO_2 dan Al_2O_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 diperkuat oleh serat, dimana penguatnya berbentuk serat dan diikat oleh matrik. Dalam pembuatannya, serat dapat disusun secara acak maupun dengan arah orientasi tertentu.



Gambar 2.3 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 :

1. 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.

2. Serat

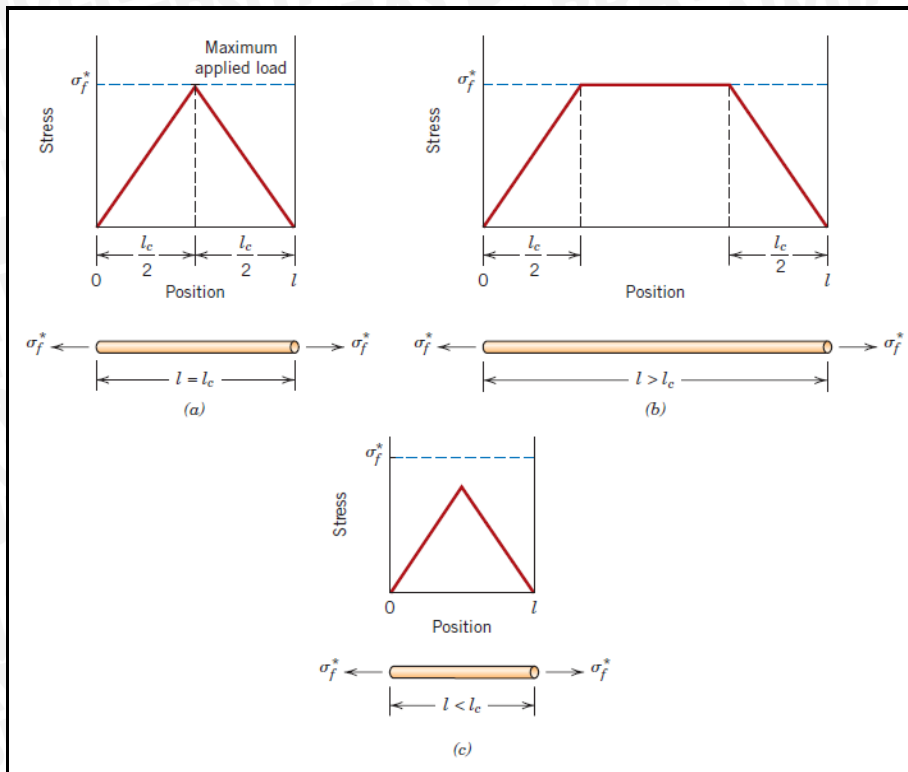
Sebagai bahan penguat pada komposit, serat memiliki pengaruh dalam meningkatkan kekuatan komposit. Pada umumnya serat yang dipilih memiliki kekuatan tarik yang tinggi seperti *fiberglass* dan *aramid*.

3. 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.

4. 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 2.4 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 2.4 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 2.4 (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.

5. Bentuk Serat

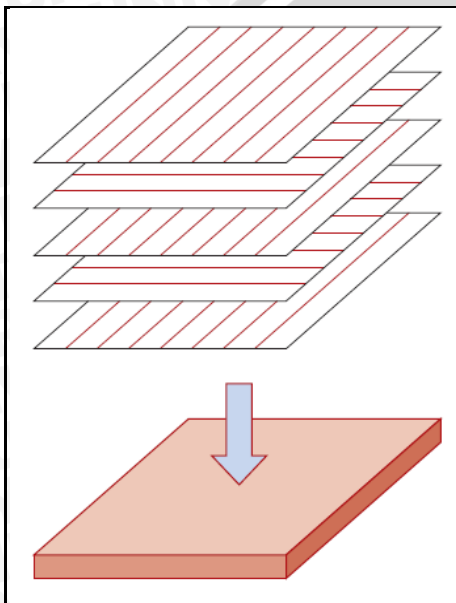
Bentuk serat secara umum tidak begitu mempengaruhi, namun yang mempengaruhi adalah diameter dari serat. Pada umumnya semakin besar diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi. Selain bentuknya, kandungan serat juga mempengaruhi (Schwartz, 1984).

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.

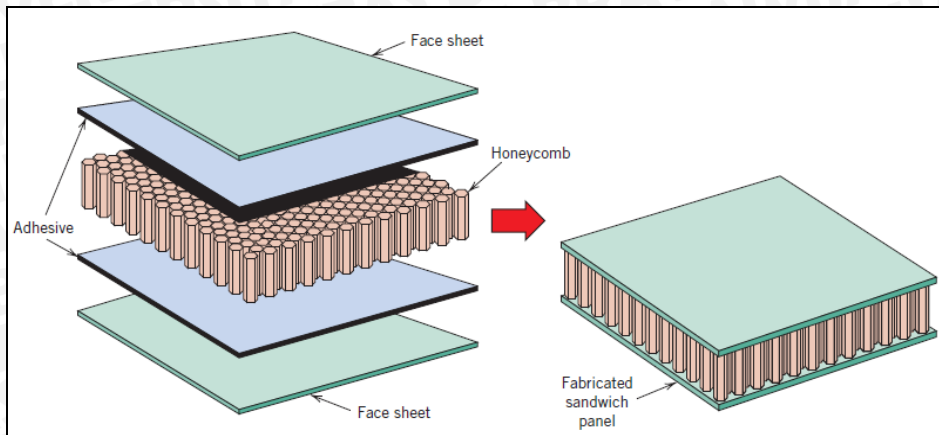


Gambar 2.5 Penyusunan *laminar composite*

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 balsa, *rigid polymeric foam*, atau struktur *honeycomb*.



Gambar 2.6 Skema struktur *honeycomb* pada *structural composite*

Sumber : After J. Corden (1987:721)

2.3 Polimer dan Polimerisasi

Polimer (*poly* = banyak dan *mer* = bagian) adalah suatu molekul besar atau makromolekul yang dibentuk atas susunan ulang dari molekul kecil yang terikat melalui ikatan kimia. Suatu polimer akan terbentuk bila seratus atau seribu molekul kecil atau monomer saling berikatan dalam suatu rantai polimer atau membentuk tiga dimensi jaringan. Jika monomer memiliki jenis yang sama disebut homopolimer, dan jika monomer memiliki jenis yang berbeda akan menghasilkan kopolimer.

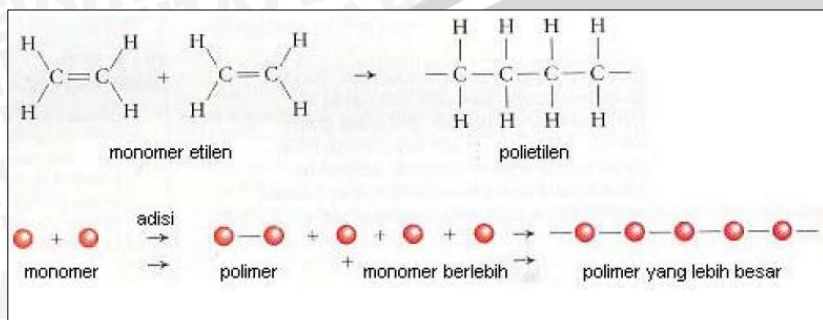
Polimer merupakan gabungan dari beberapa monomer yang membentuk sebuah rantai polimer. Bila rantai tersebut dikelompokkan bersama-sama dalam suatu pola dan orientasi yang acak disebut amorf, jika penggabungannya teratur disebut kristalin. Sifat-sifat umum yang dimiliki bahan-bahan polimer adalah sebagai 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.

Pada polimer terjadi proses reaksi kimia monomer untuk membentuk rantai polimer, dan proses ini disebut polimerisasi. Ada dua jenis reaksi polimer, yaitu :

1. Polimer Adisi

Reaksi pembentukan polimer dari monomer-monomernya tetrafluoroetilen inilah yang disebut polimerisasi adisi. Perhatikan pada gambar 2.4 menunjukkan pada monomer etilena memiliki ikatan rangkap dua, sedangkan setelah terjadi proses pembentukan menjadi polietilen tidak ada ikatan rangkap dua.



Gambar 2.7 Struktur monomer etilen dan polietilen

Sumber : Arifatun : 2009

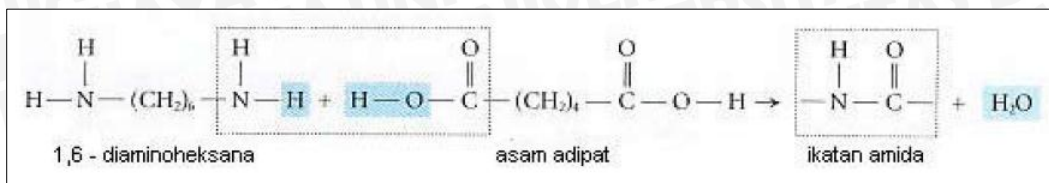
Monomer etilen mengalami reaksi polimerisasi adisi dan membentuk polietilen yang biasa digunakan sebagai tas plastik, pembungkus makanan, dan botol. Pasangan elektron yang lebih dari ikatan rangkap dua pada monomer etilen dipakai untuk membentuk ikatan baru agar dapat menjadi monomer yang lain.

Menurut reaksi ini, monomer-monomer yang mempunyai ikatan rangkap dua akan membentuk ikatan baru dengan monomer yang lain, sehingga akan terbentuk rantai polimer. Produk yang terbentuk dari reaksi polimerisasi adisi ini mengandung semua atom dari monomer awal. Dari gambar 2.4, dapat terlihat polimerisasi adisi terjadi saat polimer yang terbentuk karena reaksi polimerisasi disertai dengan pemutusan ikatan rangkap monomer yang diikuti oleh adisi monomer-monomernya, sehingga membentuk ikatan tunggal. Dalam reaksi polimer adisi ini tidak disertai terbentuknya molekul kecil seperti H_2O atau NH_3 .

2. Polimer Kondensasi

Polimer kondensasi terjadi akibat dari reaksi antara gugus fungsi monomer yang sama jenis atau monomer yang beda jenisnya. Dalam polimerisasi kondensasi terkadang disertai terbentuknya molekul kecil seperti H_2O atau NH_3 . Dalam reaksi ini, monomer-monomer bereaksi secara adisi untuk membentuk rantai, tapi setiap ikatan baru akan terbentuk

bersamaan dengan terbentuknya molekul kecil dari atom-atom monomer. Pada reaksi semacam ini, tiap monomer harus mempunyai dua gugus fungsional agar bisa menambahkan ikatan baru pada unit monomer lainnya untuk menjadi rantai polimer.



Gambar 2.8 Polimerisasi kondensasi pada ikatan amida

Sumber : Arifatun : 2009

Proses kondensasi suatu atom hidrogen dari ujung monomer bergabung dengan gugus Oh dari ujung monomer yang lain dan membentuk air. Pada gambar 2.5, terjadi kondensasi pada dua monomer yang berbeda yaitu 1,6-diaminoheksana dan asam adipat yang umum digunakan untuk membuat jenis nylon. Nylon diberi nama menurut jumlah atom karbon pada unit monomer. Dalam gambar 2.5, ada enam karbon pada tiap monomer, maka jenis nylon ini disebut nylon 66.

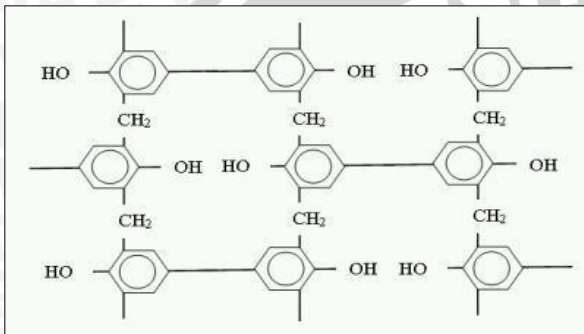
2.3.1 Polimer Thermoplast

Polimer thermoplast adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan jika didinginkan akan kembali mengeras. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk mendapatkan produk polimer yang baru. Tidak seperti polimer jenis termosetting, polimer jenis ini tidak memiliki ikatan silang antara rantai polimernya, melainkan dengan struktur molekul linear atau bercabang. Polimer thermoplast memiliki sifat – sifat khusus sebagai berikut:

- a. Berat molekul kecil
- b. Tidak tahan terhadap panas
- c. Jika dipanaskan akan melunak
- d. Jika didinginkan akan mengeras
- e. Mudah untuk diregangkan
- f. Fleksibel
- g. Titik leleh rendah
- h. Dapat dibentuk ulang (daur ulang)
- i. Mudah larut dalam pelarut yang sesuai
- j. Memiliki struktur molekul linear/bercabang

2.3.2 Polimer Thermoset

Polimer thermoset adalah polimer yang mempunyai sifat tahan terhadap panas. Jika polimer ini dipanaskan, maka tidak dapat meleleh. Sehingga tidak dapat dibentuk ulang kembali. Susunan polimer ini bersifat permanen pada bentuk cetak pertama kali (pada saat pembuatan). Bila polimer ini rusak/pecah, maka tidak dapat disambung atau diperbaiki lagi. Polimer thermoset memiliki ikatan – ikatan silang yang mudah dibentuk pada waktu dipanaskan. Hal ini membuat polimer menjadi kaku dan keras. Semakin banyak ikatan silang pada polimer, maka semakin kaku dan mudah patah. Bila polimer ini dipanaskan untuk kedua kalinya, maka akan menyebabkan rusak atau lepasnya ikatan silang antar rantai polimer.



Gambar 2.9 Struktur ikatan silang polimer thermoset

Sumber : Kimia Indonesia (2015)

Sifat polimer thermoset adalah sebagai berikut :

- Keras dan kaku (tidak fleksibel)
- Jika dipanaskan akan mengeras
- Tidak dapat dibentuk ulang (sukar didaur ulang)
- Tidak dapat larut dalam pelarut apapun
- Jika dipanaskan akan meleleh
- Tahan terhadap asam basa
- Mempunyai ikatan silang antar rantai molekul (Haryono, 2010)

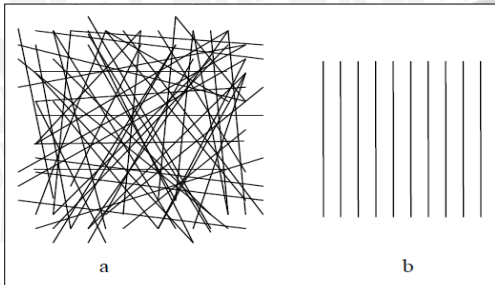
2.4 Serat Pengisi (*Filler*)

Serat merupakan bahan yang kuat, kaku, getas. Karena serat yang terutama menahan gaya luar, ada dua hal yang membuat serat menahan gaya yaitu :

- Perekatan (*bonding*) antara serat dan matrik (*intervarsial bonding*) sangat baik dan kuat sehingga tidak mudah lepas dari matriks (*debonding*).

- b. Kelangsingan (*aspect ratio*) yaitu perbandingan antara panjang serat dengan diameter serat cukup besar.

Arah serat penguat menentukan kekutan komposit dan mempengaruhi jumlah serat yang dapat diisikan ke dalam matrik. Makin cermat penataannya, makin banyak penguat dapat dimasukkan. Hal tersebut menentukan kekuatan saat komposit penataanya secara maksimum (Surdia, 2003). Struktur serat dapat dilihat pada Gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2.10. Susunan serat acak (a) dan teratur (b)

Sumber : Surdia (2003)

2.4.1 Serat Sebagai Penguat

Fungsi serat adalah sebagai penguat bahan untuk memperkuat komposit sehingga sifat mekaniknya lebih kaku dan kuat bila dibandingkan dengan tanpa serat penguat, selain itu serat juga menghemat penggunaan resin. Kaku adalah kemampuan dari suatu bahan untuk menahan perubahan bentuk jika dibebani dengan gaya tertentu dalam daerah elastis pada pengujian tarik. Kuat adalah bila pemberian gaya atau beban yang menyebabkan benda tersebut menjadi patah. Beberapa syarat untuk dapat memperkuat matriks antara lain :

1. Mempunyai modulus elastisitas yang tinggi.
2. Kekuatan lentur yang tinggi.
3. Perbedaan kekuatan diameter serat harus relatif sama.
4. Mampu menerima perubahan gaya dari matrik dan mampu menerima gaya yang bekerja padanya.
5. Mempunyai koefisien gesek yang kecil

2.4.2 Serat Agave

Pemakaian serat alam untuk menggantikan serat buatan sebagai penguat semakin meningkat. Hal ini disebabkan berbagai keunggulan yang dimiliki oleh serat alam. Ciri-ciri yang menarik dari serat alam seperti Jute (Roe dkk, 1985) dan (Ray dkk, 2001), Sunhemp (Sanadi dkk, 1986), Sisal (Joseph dkk, 1994), Pineapple (George dkk, 1997), Flax

(Panigrahi dkk, 2002) adalah mampu meredam suara, ramah lingkungan, mempunyai densitas rendah, jumlahnya melimpah, harga murah, kemampuan mekaniknya tinggi, kesemuanya itu sangat mendukung kebutuhan industri. Banyaknya keunggulan serat alam dibanding serat buatan telah mendorong banyak peneliti untuk secara intensif mempelajari pemakaian serat alam sebagai bahan penguat. Serat Agave Cantula Roxb merupakan salah satu jenis serat alam yang potensial dikembangkan untuk material penguat berharga murah dan ramah lingkungan. Serat Agave Cantula Roxb merupakan serat alam sebagai hasil dari ekstraksi daun tanaman Agave Cantula Roxb yang termasuk dalam keluarga agavaceae. Tanaman Agave Cantula Roxb yang memiliki nama lain Agave Candelabrum, Agave Rumphii, maupun Manila Maguey ini banyak tumbuh di daerah tropis, baik di Asia, Afrika maupun Amerika. Sebagaimana tanaman sejenisnya dalam keluarga Agavaceae, Agave Cantula Roxb tidak memiliki batang yang jelas, dan memiliki daun yang kaku dengan panjang 100-175 cm dengan duri di sepanjang tepi daunnya. Kenampakan serat cantula secara fisik dapat dilihat pada gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.11 Serat Agave

Sumber : UD mahkota (2006)

Saat ini pemanfaatan serat Agave Cantula Roxb masih terbatas sebagai bahan kerajinan, seperti: tas, tali, topi, keset, sapu serta hasil kerajinan lainnya. Dalam banyak hal serat Agave Cantula Roxb memiliki kemiripan dengan tanaman serat penguat karena memiliki kekuatan dan kekakuan yang tinggi. Hasil penelitian Badan Penelitian dan

Pengembangan Industri Departemen Perindustrian Yogyakarta diketahui kandungan atau komposisi serat Agave Cantula Roxb sebagaimana data dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 komposisi serat agave

Kandungan (%)	Komposisi
Kadar air	13,13
Hemiselulosa	9,45
Selulosa	64,23
Abu	4,98
Lignin	5,91
Wekstraking alkohol benzena	3,38
Kadar air alkohol benzena	11,95

Sumber : badan penelitian dan pengembangan industri departemen perindustrian yogyakarta ,1994

Komposisi serat diketahui bahwa serat Agave Cantula Roxb memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, yakni 64,23 %, hal ini menunjukkan bahwa serat ini berpotensi sebagai bahan penguat. Berdasarkan berbagai macam pertimbangan diatas, pemanfaatan serat Agave Cantula Roxb sebagai penguat perlu diteliti dan dikembangkan lebih lanjut.

Serat Agave Cantula Roxb melalui proses modifikasi serat dalam pemanfaatannya sebagai serat penguat. Modifikasi serat Agave Cantula Roxb berupa perlakuan kimia serat, dimana perlakuan yang paling sering dilaksanakan adalah perlakuan alkali. Selain peningkatan kekuatannya cukup baik, prosesnya sederhana dan relatif murah. Pada proses alkali ini larutan kimia yang sering digunakan adalah NaOH dan KOH.



Gambar 2.12 NaOH

Sumber : Brataco chemical (2006)

Selama perlakuan alkali sebagian unsur serat alam larut dalam larutan alkali, antara lain lignin dan lilin (*waxes*) akan terlepas dengan perlakuan tersebut adanya pelarutan unsur tersebut yakni *lignin* yang merupakan unsur lemah dalam serat, dan lilin yang bersifat mengurangi kemampuan ikatan serat diharapkan dapat meningkatkan kekuatan serat. Terlarutnya sebagian unsur permukaan serat menjadikan permukaan serat setelah perlakuan menjadi semakin kasar dan masing-masing helai serat dapat terlepas dari ikatannya menjadi serat dengan diameter yang lebih kecil. Transfer tegangan tiap unit volume serat pada daerah

ikatan antarmuka antara serat dan matrik akan meningkat seiring dengan peningkatan perbandingan panjang dengan diameter serat (Gibson, 1994). Sehingga dengan diameter serat yang lebih kecil serta kekasaran permukaan serat, diharapkan dapat dihasilkan ikatan antarmuka yang lebih baik dan meningkatkan kekuatan bahan secara keseluruhan.

Sodium hidroksida (NaOH) adalah senyawa kimia yang berbentuk kristal putih yang rapuh dan tembus cahaya. Karena sifatnya yang sangat korosif dan dapat merusak kulit, senyawa ini disebut juga soda kaustik. NaOH sangat mudah larut dalam air dengan reaksi timbulnya panas selama pelarutan didalam air.

2.5 Matriks

2.5.1 Defenisi Fungsi Dan Klasifikasi Matriks

Matrik adalah bahan yang berfungsi mengikat penguat satu dengan yang lain. Bahan yang umum dipakai sebagai matrik adalah metal, keramik, atau polimer. Pada saat ini polimer sering dipergunakan karena lebih ringan dan tahan korosi. (Schwartz, 1992). 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. (Surdia, 2003).

Pada umumnya matriks berfungsi didalam material komposit sebagai (Schwartz, 1992):

1. Menjaga agar serat tetap berada di dalam struktur komposit.
2. Membantu mendistribusi beban yang diterima.
3. Melindungi serat dari kerusakan eksternal seperti pengausan.

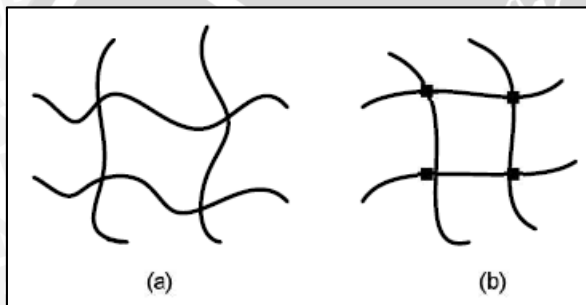
4. Memberi perlindungan serat terhadap keadaan lingkungan yang kurang baik.

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 matriks 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). Gambar 2.9 memperlihatkan bahwa pemanasan bahan termoset akan mengakibatkan terjadinya *cross linking* antara molekul-molekul sehingga jika bahan termoset telah mengeras maka sulit untuk dilunakkan kembali dengan pemanasan.



Gambar 2.13 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.

2.5.2 Matriks Polyester

Resin *polyester* sebelum dicampur dengan zat pengeras/katalis, akan tetap dalam keadaan cair dan akan mengeras setelah pencampuran dengan katalisnya setelah beberapa menit, sesuai dengan jenis dan banyaknya katalis yang digunakan dalam pencampuran

seperti ditunjukkan pada tabel 2.2. Semakin banyak penggunaan katalis tersebut maka waktu pengerasan cairan matrik (*curing time*) akan semakin cepat.

Tabel 2.2 Hubungan persentase (%) katalis dengan *potlife* pada *polyester* BQTN 157 (Hartomo, 1992).

Katalis (%)	Potlife (menit)
1	46
2	30
3	22
4	21
5	20

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 gelas. *Polyester* adalah jenis resin yang paling banyak digunakan sebagai matrik pada serat gelas untuk badan kapal, mobil, tandon air dan sebagainya (Hartomo, 1992). Tabel 2.3 Sifat – Sifat Resin *Polyester* (Frida, 1992)

Sifat	
Kekentalan (Mgm^{-3})	1,2-1,5
Modulus young (GNm^{-2})	2-4,5
Poisson ratio	0,37-0,39
Kekuatan Tarik (MNm^{-2})	40-90
Kekuatan Tekan (MNm^{-2})	90-150
Regangan Maksimum (%)	2
Temperatur Maksimum (celcius)	50-110

Tabel 2.4 Spesifikasi resin *unsaturated polyester yukalac 157 BQTN*
(Sumber :Frida, 1992)

Item	Nilai Tripikal	Catatan
Berat Jenis (gr/cm^{-3})	1.215	
Suhu distorsi panas (celcius)	70	
Penyerapan air (suhu ruangan) (%)	0,188 dan 0,466	24 jam dan 3 hari
Kekuatan Flexural (Kg/mm^2)	9,4	
Modulus Flexural (Kg/mm^2)	300	
Daya Rentang (kg/mm^2)	5,5	
Modulus rentang (Kg/mm^2)	300	
Elongasi (%)	1,6	

2.6 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, plastik, dan kaca. Ada 3 metode pembuatan komposit yang sering digunakan, yaitu :

- Metode *Hand Lay Up*
- Metode *Spray Up*
- Metode *Injection Molding*

1. Metode *Hand Lay Up*

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 *release film* 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.

Kelebihan :

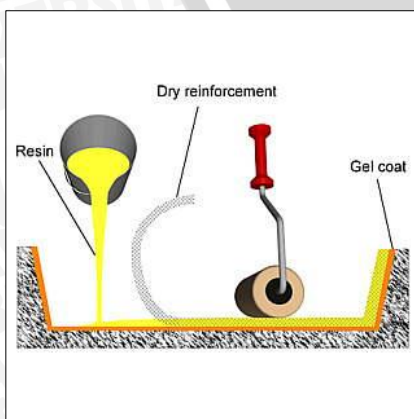
- Biayanya murah
- Dapat digunakan untuk benda besar maupun kecil
- Alat yang digunakan sederhana
- Bisa digunakan untuk serat pendek / panjang
- Mudah mengerjakannya

Kekurangan :

- Kekuatan lapisan tergantung oleh pengerjaan tangan yang melapisi
- Keseragaman produk kurang
- Pengerjaan lama

Tahap proses pembuatan produk material komposit :

1. Pembersihan dan pemberian pelicin.
2. Pemberian pigmen warna (*gel coat*) sebagai permukaan luar panel komposit yang dihasilkan
3. Pemberian resin dan penguat serat
4. Proses pengeringan
5. Proses pelapisan panel komposit dari cetakan.



Gambar 2.14 Metode *hand lay up*

Sumber : Gibson : 1994

2. Metode *Spray Up*

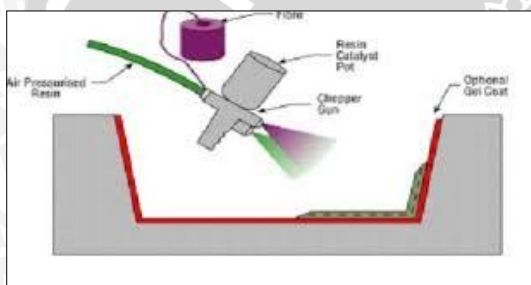
Dalam pembuatan komposit dengan menggunakan metode *spray up* ini menggunakan alat penyemprot. Alat penyemprot tersebut berisi resin, katalis, dan potongan serat yang secara bersamaan disemprotkan ke dalam cetakan.

Kelebihan :

- Hemat dalam penggunaan resin dan *filler*
- Peralatan yang dipakai murah

Kekurangan :

- Karena proses penyemprotan maka mesin yang dipakai harus mempunyai viskositas yang rendah
- Hanya dapat dipakai untuk *filler* berbentuk partikel dan serat pendek acak
- Dapat membahayakan kesehatan karena adanya kemungkinan partikel-partikel resin yang terhirup selama proses penyemprotan.



Gambar 2.15 Metode *spray up*

Sumber : Callister : 2007

3. *Injection Molding*.

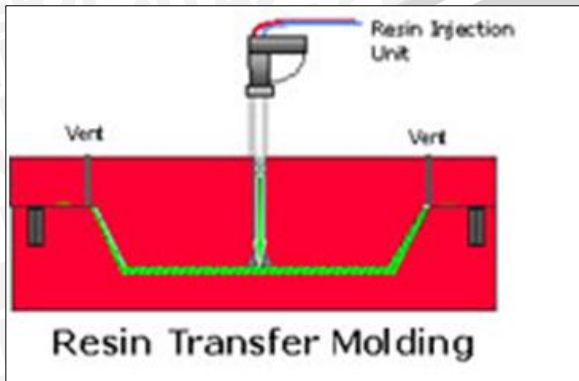
Injection molding merupakan metode yang paling sering digunakan dalam manufaktur komposien resin termoplastik. Metode ini dilakukan dengan cara memberikan tekanan injeksi (*injection pressure*) dengan besar tertentu pada material plastik yang telah dilelehkan oleh sejumlah energi panas untuk dimasukkan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

Kelebihan :

- Produk dapat dibuat dengan toleransi ukuran kecil.
- Komponen dapat dihasilkan dengan tingkat produksi tinggi.
- Dapat mencetak produk yang sama dengan bahan baku yang berbeda tanpa merubah mesin dan cetakan.

Kekurangan :

- Digunakan untuk serat pendek acak dan partikel namun sulit apabila digunakan untuk serat *continour*.
- Apabila resin yang digunakan mempunyai titik leleh tinggi maka energi yang dibutuhkan untuk pemanasan juga lebih tinggi maka energi yang dibutuhkan untuk pemanasan juga lebih besar sehingga biaya pengerjaan bisa lebih tinggi.



Gambar 2.16 Metode *injection molding*

Sumber : Callister : 2007

2.7 Pengujian Prosentase Penyusutan

Pada setiap proses produksi pasti ada kerugian, pada pengecoran salah satu kerugiannya adalah penyusutan. Penyusutan ini mengakibatkan desain produk menjadi tidak maksimal, karena ada proses produksi lanjutan yang memakan waktu dan biaya lebih. Untuk pengujian prosentase penyusutan pada ASTM, terdapat pada seri ASTM D6289. Pada dasarnya standar ASTM mengacu pada rumus densitas atau teori Archimedes, yaitu :

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2-1)$$

dimana :

ρ = Densitas benda (kg/m^3).

m = massa benda (kg).

v = volume benda (m^3)

Dari persamaan diatas, perhitungan pada ASTM D6289 menjadi :

$$MS = \frac{V_0 - V_1}{V_0} \times 100 \% \quad (2-2)$$

Dimana :

MS = *Mold shrinkage* atau prosentase penyusutan spesimen (%).

V_0 = Volume cetakan spesimen (m^3).

V_1 = Volume spesimen (m^3)

2.8 Fraksi volume

Komposisi serat dalam komposit sangat mempengaruhi kekuatan komposit tersebut. Untuk memperoleh komposit berkekuatan tinggi, distribusi serat dengan matrik harus merata pada proses pencampuran agar mengurangi timbulnya kekosongan ruang pada komposit. Untuk menghitung fraksi *volume*, parameter yang harus diketahui adalah berat jenis serat, berat jenis resin, massa komposit, massa resin. Adapun fraksi *volume* yang ditentukan dengan persamaan (Harper, 1996) :

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} = \frac{\rho_f \cdot V_f}{\rho_c \cdot V_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} \quad (2-3)$$

$$V_f = \frac{\rho_c}{\rho_f} \cdot w_f = 1 - V_m \quad (2-4)$$

Jika selama pembuatan komposit diketahui massa fiber dan matrik, serta densitas fiber dan matrik, maka fraksi volume dan fraksi berat dapat dihitung dengan persamaan (Shackelford, 1992) :

$$V_f = \frac{w_f/\rho_f}{w_f/\rho_f + w_m/\rho_m} \quad (2-5)$$

Dimana :

- W_f = fraksi berat serat (%)
- w_f = berat serat (gram)
- ρ_f = densitas serat ($gram/cm^3$)
- ρ_c = densitas komposit ($gram/cm^3$)
- V_f = fraksi volume serat (%)
- V_m = fraksi volume matrik (%)
- v_f = volume serat (cm^3)
- v_m = volume matrik (cm^3)

2.9 Hipotesis

Dengan memvariasikan prosentase fraksi *volume* dan tinggi cetakan terhadap prosentase penyusutan pada resin *polyester yupalac 157 bqtn* maka akan dapat diketahui prosentase penyusutan yang paling rendah. Hipotesis yang dibuat pada penelitian ini dengan pemberian prosentase fraksi *volume* serat daun agave dan penambahan tinggi cetakan akan meminimalisir atau menurunkan prosentase penyusutan pada komposit bermatrik resin *polyester yupalac 157 bqtn*.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan metode eksperimental nyata (*True Experimental Research*). Tujuannya untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat agave dan bentuk cetakan terhadap prosentase penyusutan resin *polyester yukalac 157*. Diharapkan dari penelitian ini didapat data-data yang valid agar dapat menyimpulkan permasalahan yang dibahas.

3.2 Tempat Pengambilan Data Pengujian

Pengambilan data dalam penyusunan skripsi ini diperoleh dari penelitian yang dilakukan di :

- Laboratorium Pengecoran Logam Universitas Brawijaya Malang.

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah

- Fraksi volume serat agave sebesar 0%,10%,20%,30%,dan 40%
- Tinggi cetakan 3cm,4cm,5cm,6cm,dan 7cm.

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung pada variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah prosentase penyusutan.

3.3.3 Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang besarnya dikonstantakan. Dalam hal ini yang menjadi variabel terkontrol adalah

- Bentuk luas penampang adalah lingkaran.
- Cara pembuatan dengan menggunakan metode *hand layup*. *Curing* menggunakan suhu ruangan.
- Cetakan menggunakan cetakan *silicon*.
- Serat alam menggunakan serat agave.

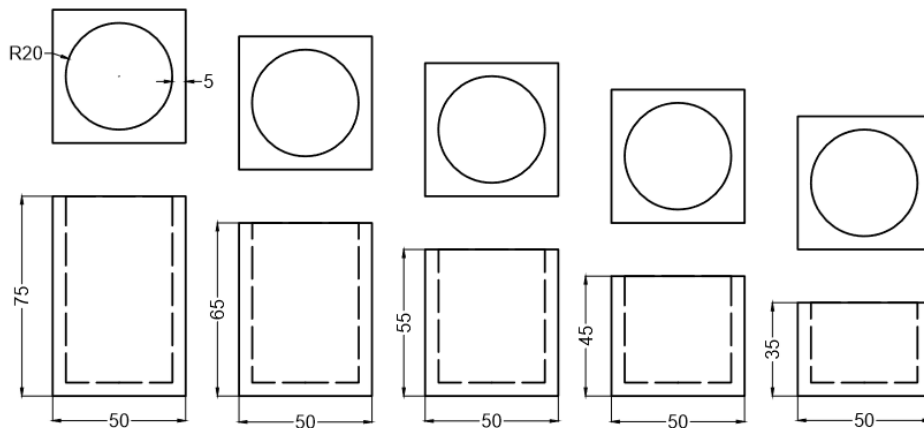


3.4 Peralatan dan Bahan Penelitian

3.4.1 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Cetakan spesimen terbuat dari *silicon* :



Gambar 3.1 Dimensi cetakan (mm).

2. Gelas ukur

Digunakan untuk mengukur jumlah resin yang digunakan.



Gambar 3.2 Gelas ukur

3. Akuarium.

Akuarium digunakan untuk tempat melakukan proses alkali pada serat agave.



Gambar 3.3 Akuarium

4. Suntik

Digunakan untuk mengambil jumlah kadar katalis.



Gambar 3.4 Suntik

5. NaOH (Natrium Hidroksida).

Digunakan pada proses alkali.



Gambar 3.5 NaOH

6. Satu unit komputer untuk pengolahan data
Digunakan untuk pengolahan data hasil penelitian.



Gambar 3.6 Komputer

7. Gelas plastik 240ml
Digunakan untuk pencampuran resin dan katalis



Gambar 3.7 Gelas plastik

8. *Vernier Caliper*
Untuk mengukur dimensi spesimen.



Gambar 3.8 *Vernier Caliper*

3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Resin *polyester* yukalac 157 BQTN

Matrik yang digunakan adalah resin *polyester* yukalac 157 BQTN dengan bahan tambahan katalis.



Gambar 3.9 Resin *polyester* yukalac 157 BQTN

2. Serat agave

Serat alam yang digunakan adalah serat agave sebagai penguat resin.



Gambar 3.10 Serat agave

3. Katalis MEKPO dengan prosentase 1%



Gambar 3.11 Katalis

3.5 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah pembuatan spesimen bahan komposit pada penelitian ini adalah:

1. Pembuatan cetakan spesimen dari silicon dengan pola cetakan dari kayu.
2. Proses alkali pada serat agave.
3. Perhitungan panjang serat.
Dari dasar teori, didapatkan panjang serat adalah 0,5 cm atau 50% dari panjang serat maksimal.
4. Proses pemotongan serat.
5. Perhitungan prosentase penyusutan serat agave dan resin.
6. Resin dituangkan ke dalam gelas ukur setelah itu ditambahkan katalis sebanyak 1% dari jumlah volume resin dan serat agave sesuai prosentase fraksi volume dalam spesimen, kemudian resin, katalis, dan serat agave di aduk rata.
7. Resin berserat agave di masukan ke dalam cetakan.
8. Spesimen dapat di lepas dari cetakan setelah 1 jam.

3.6 Perhitungan prosentase penyusutan

Perhitungan prosentase penyusutan dilakukan untuk mengetahui besarnya penyusutan yang terjadi dari bahan komposit. Perhitungan ini dilakukan dengan menurut standar ASTM D 6289 :

$$MS = \frac{V_0 - V_1}{V_0} \times 100 \%$$

Dimana :

- MS = *Mold shrinkage* atau prosentase penyusutan spesimen (%).
- V_0 = Volume cetakan spesimen (m^3).
- V_1 = Volume spesimen (m^3).

3.7 Rancangan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh prosentase serat agave dan pengaruh tinggi cetakan terhadap prosentase penyusutan, di buat rancangan penelitian untuk mengetahui hasil pengujian. Sehingga dapat di peroleh analisa dan kesimpulan yang tepat sesuai hasil dan perhitungan yang di lakukan. Rancangan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Rancangan fraksi volume serat dan tinggi cetakan terhadap prosentase penyusutan

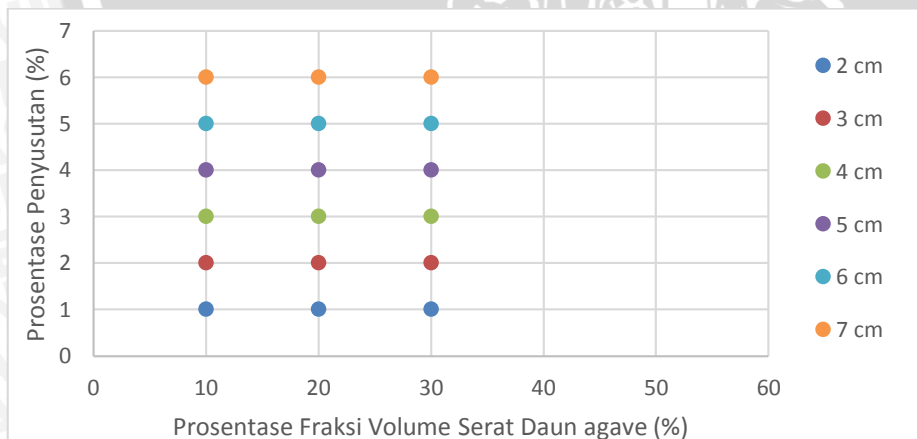
Ket : $Y_{11}, Y_{12}, \dots, Y_{14}$ adalah nilai prosentase penyusutan.

No.	Prosentase penyusutan pada berbagai bentuk cetakan dengan Fraksi volume serat (....%)					
	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm
1	Y_{11}	Y_{21}	Y_{31}	Y_{41}	Y_{51}	Y_{61}
2	Y_{12}	Y_{22}	Y_{32}	Y_{42}	Y_{52}	Y_{62}
3	Y_{13}	Y_{23}	Y_{33}	Y_{43}	Y_{53}	Y_{63}
Jumlah	$\Sigma Y_{1\dots}$	$\Sigma Y_{2\dots}$	$\Sigma Y_{3\dots}$	$\Sigma Y_{4\dots}$	$\Sigma Y_{5\dots}$	$\Sigma Y_{6\dots}$
Rata-rata	Y_{14}	Y_{24}	Y_{34}	Y_{44}	Y_{54}	Y_{64}

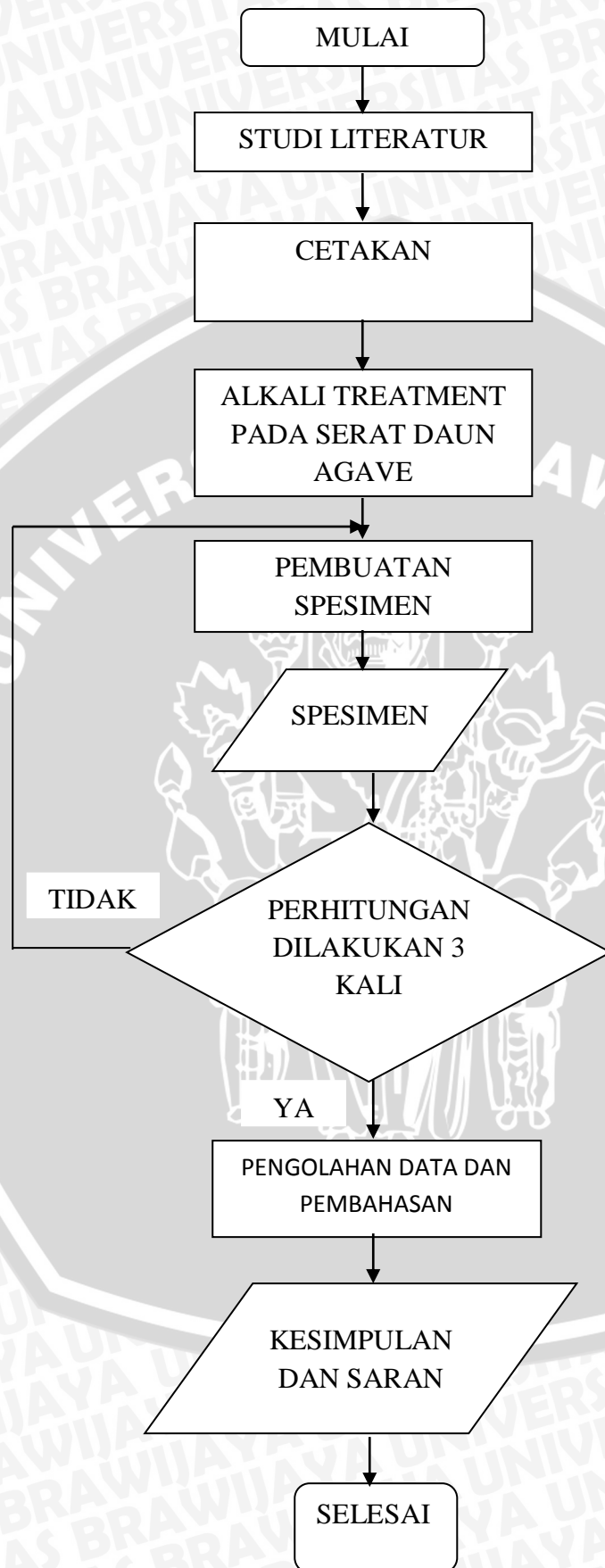
Grafik data

Untuk mempermudah pengamatan dalam penelitian ini, maka dari tabel 3.2 dibuat beberapa grafik agar bisa diperoleh kesimpulan dari hasil perhitungan prosentase penyusutan. Rancangan grafik data yang digunakan adalah sebagai berikut :

Grafik 3.1 Rancangan pengaruh fraksi volume serat agave dan tinggi cetakan terhadap prosentase penyusutan.



3.8 Diagram Alir Penelitian



BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian piknometri polyester berpengisi serat agave pada cetakan tinggi 3 sampai dengan 7 cm ditunjukkan pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.5.

Tabel 4.1 Hasil uji data piknometri pada cetakan dengan tinggi 3 cm.

Tinggi 3 cm

%	1		2		3	
	Udara	Air	Udara	Air	Udara	Air
0	43.85	54.56	44.15	54.58	44.05	54.56
10	44.87	54.98	44.49	54.68	44.355	54.88
20	45.56	55.52	45.56	55.42	45.52	55.42
30	45.96	55.56	45.75	55.58	45.86	55.58
40	46.193	55.39	45.986	55.62	46.046	55.6

Tabel 4.2 Hasil uji data piknometri pada cetakan dengan tinggi 4 cm.

Tinggi 4 cm

%	1		2		3	
	udara	air	udara	air	udara	air
0	58.39	56.94	57.472	56.52	56.72	55.86
10	58.65	56.95	58.245	56.9	58.44	57.05
20	58.82	57.14	58.799	57.15	59.265	57.02
30	59.45	57.405	59.71	57.63	59.61	57.54
40	61.15	58.6804	60.59	58.15	60.606	58.24

Tabel 4.3 Hasil uji data piknometri pada cetakan dengan tinggi 5 cm.

Tinggi 5 cm

%	1		2		3	
	udara	air	udara	air	udara	air
0	72.63	58.93	73.24	59.67	73.26	59.92
10	73.55	59.66	73.38	59.74	73.41	59.76
20	74.28	59.78	73.45	59.88	73.55	59.86
30	75.15	60.12	73.68	60.28	73.86	59.98
40	75.89	60.25	75.55	60.34	72.48	60.14

Tabel 4.4 Hasil uji data piknometri pada cetakan dengan tinggi 6 cm.

%	Tinggi 6 cm					
	1		2		3	
	Udara	Air	Udara	Air	Udara	Air
0	86.92	61.94	87	61.92	88.21	61.88
10	87.45	62.45	88.15	62.65	88.92	62.16
20	88.51	62.75	88.9	63.15	88.965	62.1
30	89.15	62.77	89.81	63.3	89.42	62.82
40	89.23	62.91	90.04	63.58	89.85	62.66

Tabel 4.5 Hasil uji data piknometri pada cetakan dengan tinggi 7 cm.

%	Tinggi 7 cm					
	1		2		3	
	udara	air	udara	air	udara	air
0	104.78	65.63	104.48	65.67	104.18	65.72
10	106.41	65.96	105.49	65.95	104.22	65.89
20	106.45	66.21	105.55	65.99	105.46	65.95
30	107.04	66.56	107.62	67.89	107.66	67.36
40	106.75	66.24	107.32	66.39	107.35	66.47

Hasil pengolahan data volume specimen polyester berpengisi serat agave pada cetakan tinggi 3 sampai dengan 7 cm ditunjukkan pada Tabel 4.6 sampai dengan Tabel 4.10.

Tabel 4.6 Hasil pengolahan data volume specimen pada cetakan dengan tinggi 3 cm.

%	Tinggi 3 cm		
	Volume 1	Volume 2	Volume 3
0	34.04	34.32	34.24
10	34.64	34.56	34.225
20	34.79	34.89	34.85
30	35.15	34.92	35.03
40	35.553	35.116	35.196

Tabel 4.7 Hasil pengolahan data volume specimen pada cetakan dengan tinggi 4 cm.

%	Tinggi 4 cm		
	Volume 1	Volume 2	Volume 3
0	46.2	45.702	45.61
10	46.45	46.095	46.14
20	46.426	46.399	46.995
30	46.795	46.83	46.82
40	47.2196	47.19	47.116

Tabel 4.8 Hasil pengolahan data volume specimen pada cetakan dengan tinggi 5 cm.

Tinggi 5 cm			
%	Volume 1	Volume 2	Volume 3
0	58.45	58.32	58.09
10	58.64	58.39	58.4
20	59.25	58.32	58.44
30	59.78	58.15	58.63
40	60.39	59.96	57.09

Tabel 4.9 Hasil pengolahan data volume specimen pada cetakan dengan tinggi 6 cm.

Tinggi 6 cm			
%	Volume 1	Volume 2	Volume 3
0	69.73	69.83	71.08
10	69.75	70.25	71.51
20	70.51	70.5	71.615
30	71.13	71.26	71.35
40	71.07	71.21	71.94

Tabel 4.10 Hasil pengolahan data volume specimen pada cetakan dengan tinggi 7 cm.

Tinggi 7 cm			
%	Volume 1	Volume 2	Volume 3
0	83.9	83.56	83.21
10	85.2	84.29	83.08
20	84.99	84.31	84.26
30	85.23	84.48	85.05
40	85.26	85.68	85.63

Data hasil prosentase penyusutan polyester berpengisi serat agave pada cetakan tinggi 3 sampai dengan 7 cm ditunjukkan pada Tabel 4.11 sampai dengan Tabel 4.15.

Tabel 4.11 Hasil Pengolahan data prosentase penyusutan pada tinggi cetakan 3 cm.

Tinggi 3 cm					
%	Penyusutan 1	Penyusutan 2	Penyusutan 3	Jumlah	Rata-rata
0	9.66	8.92	9.13	27.71	9.24
10	8.07	8.28	9.17	25.52	8.51
20	7.67	7.40	7.51	22.58	7.53
30	6.71	7.32	7.03	21.07	7.02
40	5.64	6.80	6.59	19.04	6.35

Tabel 4.12 Hasil Pengolahan data prosentase penyusutan pada tinggi cetakan 4 cm.

Tinggi 4 cm					
%	Penyusutan 1	Penyusutan 2	Penyusutan 3	Jumlah	Rata-rata
0	8.04	9.03	9.22	26.29	8.76
10	7.54	8.25	8.16	23.96	7.99
20	7.59	7.65	6.46	21.70	7.23
30	6.86	6.79	6.81	20.45	6.82
40	6.01	6.07	6.22	18.30	6.10

Tabel 4.13 Hasil Pengolahan data prosentase penyusutan pada tinggi cetakan 5 cm.

Tinggi 5 cm					
%	Penyusutan 1	Penyusutan 2	Penyusutan 3	Jumlah	Rata-rata
0	6.93	7.13	7.50	21.56	7.19
10	6.62	7.02	7.01	20.65	6.88
20	5.65	7.13	6.94	19.73	6.58
30	4.81	7.40	6.64	18.85	6.28
40	3.84	4.52	9.09	17.45	5.82

Tabel 4.14 Hasil Pengolahan data prosentase penyusutan pada tinggi cetakan 6 cm.

Tinggi 6 cm					
%	Penyusutan 1	Penyusutan 2	Penyusutan 3	Jumlah	Rata-rata
0	7.47	7.34	5.68	20.49	6.83
10	7.44	6.78	5.11	19.33	6.44
20	6.44	6.45	4.97	17.85	5.95
30	5.61	5.44	5.32	16.37	5.46
40	5.69	5.51	4.54	15.74	5.25

Tabel 4.15 Hasil Pengolahan data prosentase penyusutan pada tinggi cetakan 7 cm.

Tinggi 7 cm					
%	Penyusutan 1	Penyusutan 2	Penyusutan 3	Jumlah	Rata-rata
0	4.57	4.96	5.36	14.89	4.96
10	3.09	4.13	5.51	12.73	4.24
20	3.33	4.11	4.16	11.60	3.87
30	3.06	3.91	3.26	10.24	3.41
40	3.03	2.55	2.60	8.18	2.73

4.1.2 Pengolahan Data

Dari data pada tabel 4.1 sampai 4.5 dilakukan perhitungan massa jenis dengan penggunaan persamaan 2-5, sebagai contoh :

Data prosentase 40% pada tinggi cetakan 7 cm pengulangan ketiga dengan $W_s = 107,04$ gr dan $W_{sb} - W_b = 21,49$ gr pada tabel 4.5. Maka didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$P_s = \rho \text{ air} \times$$

$$P_s = 1 \times$$

$$P_s = 1,25$$

Setelah didapatkan massa jenis benda, maka bisa didapatkan volume benda dengan interpolasi rumus densitas, yaitu :

$$\rho =$$

$$1,25 =$$

$$\text{Volume} =$$

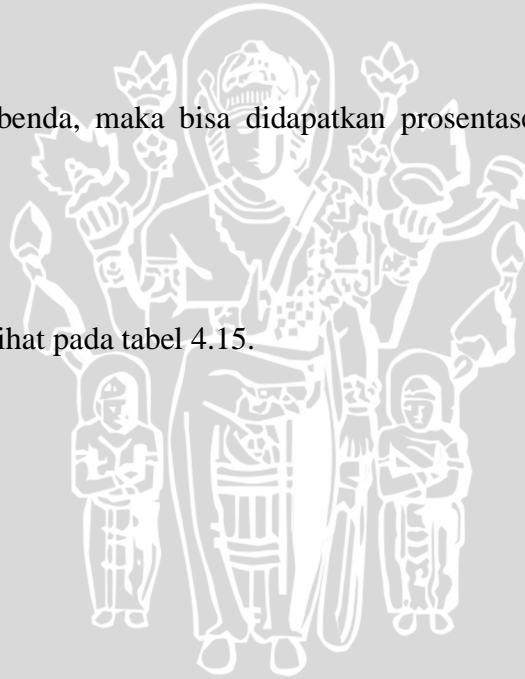
$$\text{Volume} = 85,632$$

Seusai didapatkan volume benda, maka bisa didapatkan prosentase penyusutan dengan persamaan 3-1, yaitu :

$$MS = \times 100 \%$$

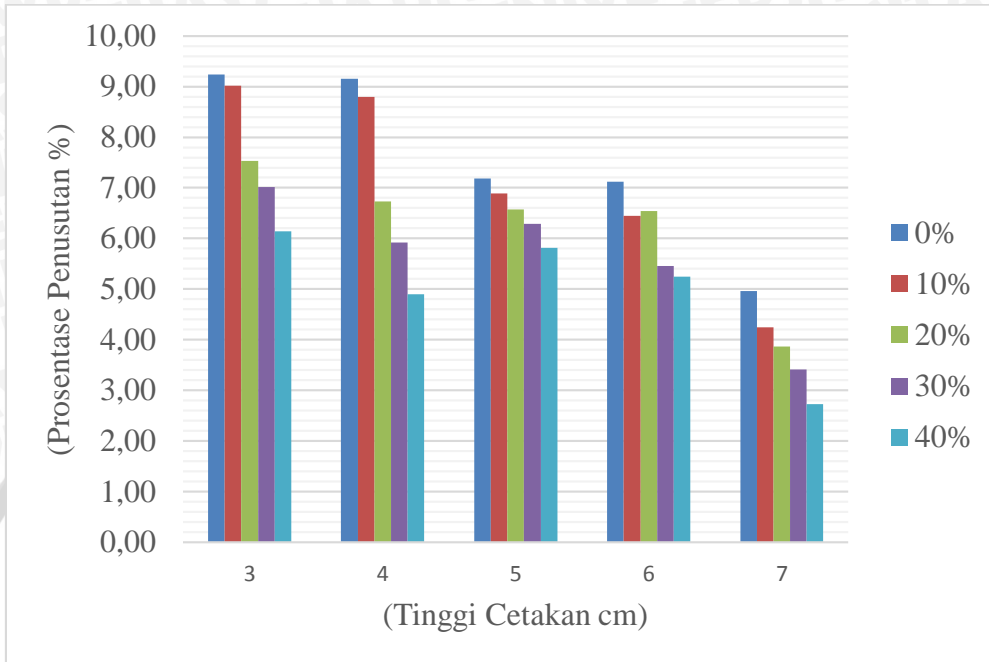
$$MS = \times 100 \%$$

$MS = 2,6 \%$ seperti yang terlihat pada tabel 4.15.



4.2 Pembahasan

4.2.1 Hubungan antara prosentase tinggi cetakan terhadap prosentase penyusutan serat agave.



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara tinggi cetakan terhadap prosentase penyusutan serat agave.

Dari grafik hubungan antara prosentase tinggi cetakan polyester berpengisi serat agave pada cetakan, di dapatkan beberapa informasi diantaranya yaitu untuk proses pembuatan secara *hand lay up*, prosentase penyusutan paling rendah pada tinggi cetakan 7 cm prosentase fraksi volume 40% dengan hasil prosentase penyusutan adalah 2,55%. Hal ini dikarenakan sifat adhesif lebih rendah dari sifat kohesifnya sehingga menyebabkan prosentase penyusutan rendah hal ini dikarenakan karena ikatan antar atom resin tinggi sehingga pada proses penyusutan, atom H_2O tidak banyak yang dihasilkan dan penyusutan akibat menguapnya H_2O menjadi rendah .

Dari grafik tersebut juga bisa terlihat bahwa pengaruh tinggi cetakan berdasarkan jarak antar prosentase penyusutan 0-40% yang tertinggi prosentase penyusutan ialah tinggi 3 cm prosentase 0% yang tertinggi dengan hasil 9,24 %. Dari grafik tersebut bisa dilihat bahwa hasil tertinggi penyusutan 9,24% dikarenakan luas permukaan cetakan yang kecil

menyebabkan gaya adhesi yang lebih besar dari gaya kohesinya sehingga mengalami penyusutan paling besar.

Jadi mengapa tinggi cetakan mempengaruhi penyusutan ialah karena gaya adhesi lebih besar dari pada gaya kohesinya. Gaya adhesi yang lebih besar menyebabkan penyusutan yang terjadi akan lebih besar, karena ikatan antar atom lebih kecil. Bila ikatannya lebih besar maka energi untuk memecah (OH) memerlukan energi lebih besar. Maka bila tidak mempunyai energi yang besar penyusutannya akan berkurang karena tidak adanya pengurangan jumlah H_2O pada komposit. Jadi bisa disimpulkan semakin tinggi cetakan maka ikatan atom pada komposit lebih besar sehingga penyusutannya akan lebih kecil.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk metode *hand lay-up*, serat agave mempengaruhi hasil prosentase penyusutan paling kecil pada prosentase 40% tinggi cetakan 7 cm dengan nilai 2,55% prosentase penyusutan.
2. Untuk metode *hand lay-up*, pengaruh tinggi cetakan berdasarkan prosentase penyusutan semakin tinggi cetakan, gaya kohesi antar komposit semakin besar sehingga penyusutan semakin menurun..

5.2 Saran

1. Pada saat proses pengadukkan campuran diusahakan pelan-pelan untuk menghindari adanya gelembung udara kecil.
2. Pada proses *Hand Lay-Up* lakukan penuangan matrik lebih cepat kedalam cetakan agar campuran matrik dan katalis tidak mengeras.
3. Perlunya penelitian lebih lanjut tentang jenis-jenis serat yang lain dan berbagai geometri cetakan seperti tinggi cetakan atau diameter cetakan sehingga dapat mengetahui hasil yang optimal dari pengujian penyusutan.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan

