

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Arif, 2011. Pernah meneliti dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dan kekuatan bending komposit berpenguat serat kulit kayu waru (*Hibiscus Tiliaceus*) dengan matriks *polyester* yang diberi perlakuan alkali dan variasi orientasi arah serat. Salah satu langkah dalam penelitiannya adalah melakukan perendaman alkalisasi serat kulit waru dengan larutan NaOH 5% dalam waktu perendaman 2 jam. Spesimen dalam pengujiannya menggunakan enam lapis serat dengan variasi arah orientasi sudut serat yaitu $0^0/0^0/45^0/-45^0/0^0/0^0$; $0^0/45^0/0^0/0^0/-45^0/0^0$; $0^0/45^0/0^0/-45^0/0^0/0^0$, spesimen dibuat dengan metode *hand lay up* yang ditambahkan dengan penekanan secara manual menggunakan cetakan dan penekan, Matrik yang digunakan adalah resin *polyester* tipe 157 BTQN dan katalis MEKPO dengan konsentrasi 1%. Hasil pada penelitian ini adalah perlakuan perendaman alkali NaOH 5% memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik dan kekuatan bending pada komposit serat kulit pohon waru. Hasil dari uji tarik pada masing-masing variasi orientasi setiap layer $0^0/0^0/45^0/-45^0/0^0/0^0$; $0^0/45^0/0^0/0^0/-45^0/0^0$; $0^0/45^0/0^0/-45^0/0^0/0^0$ adalah 86,14 MPa ; 86,46 MPa; 86,78 MPa, sedangkan kekuatan tarik terendah terdapat pada komposit tanpa perlakuan alkali yaitu sebesar 69,13 MPa dengan arah orientasi serat $0^0/0^0/45^0/-45^0/0^0/0^0$. Hasil uji bending tertinggi terdapat pada komposit serat kulit pohon waru dengan arah orientasi sudut serat $0^0/0^0/45^0/-45^0/0^0/0^0$ dengan perlakuan alkali NaOH 5% yaitu sebesar 189,78 MPa; sedangkan kekuatan bending terendah terdapat pada arah orientasi sudut serat $0^0/45^0/0^0/0^0/-45^0/0^0$ tanpa perlakuan alkali yaitu sebesar 144,43 MPa.

Pell, 2012. Pernah meneliti tentang fraksi volum serat widuri (*calotropis gigantea fiber*) terhadap kekuatan mekanik berpenguat resin *epoxy*. Dengan tujuan mengetahui karakteristik mekanik dari serat widuri tanpa perlakuan kimia dengan matriks resin epoksi dengan variasi fraksi volume, yaitu 15 %, 30 % dan 45 %. Karakteristik mekanik yang sudah diteliti adalah kekuatan tarik, regangan dan modulus elastisitas, kekuatan bending dan ketangguhan impak. Dengan pendekatan analisa *variance* dan standar deviasi, diperoleh hasil sebagai berikut: kekuatan tarik, regangan tarik dan modulus elastis tertinggi diperoleh pada fraksi volume 45% sebesar $93,04 \pm 10,51$ MPa, $3,82 \pm 0,38$ %, dan $3,64 \pm 0,97$ GPa. Demikian juga

kekuatan bending dan impak diperoleh nilai tertinggi pada fraksi volume 45%, yaitu: $88,23 \pm 5,66$ MPa dan $38,36$ kJ/m². Selanjutnya dilakukan analisa kualitatif melalui foto SEM dan foto makro. Berdasarkan kedua cara analisa ini, menunjukkan bahwa dengan meningkatnya fraksi volume, maka nilai-nilai yang menunjukkan karakterisasi mekanik green composite widuri – epoksi, semakin meningkat.

Ferry, 2014. Pernah Meneliti tentang sifat fisis dan mekanis akibat temperatur pada komposit serat batang pisang yang seratnya dicuci dengan cairan kimia K(OH) dengan penguat resin repoksi. Tujuan dari penelitiannya adalah untuk mengetahui kekuatan tarik komposit serat batang pisang akibat perubahan temperatur saat pengujian. Serat batang pisang di rendam menggunakan cairan kimia K(OH) 5% selama 1 jam yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan komposit yang bermatrik *vinylester repxoxy*. Bahan pembuat komposit yang digunakan adalah serat batang pisang, menggunakan resin *vinylester repxoxy* R-802 (*phenolic*), katalis MEKPO, promotor dan perlakuan alkali menggunakan cairan kalium hidroksida K(OH). Pembuatan komposit menggunakan metode *hand lay up* dan cetakan komposit menggunakan kertas karton dengan tebal 3 mm. Pengujian tarik komposit menggunakan alat uji tarik dengan kapasitas 2 ton dengan standar ASTM D-3039. Dari hasil penelitian diperoleh kekuatan tarik rata-rata pada komposit temperatur ruang 29°C sebesar 26,8 MPa, kekuatan komposit pada temperatur uji 35°C sebesar 37,098 MPa, kekuatan komposit pada temperatur uji 45°C sebesar 24,294 MPa, kekuatan tarik komposit pada temperatur uji 55°C sebesar 17,748 MPa.

Rusnoto, 2014. Pernah meneliti tentang ketangguhan retak pada komposit epoksi-alumina, dengan jenis epoksi *diglycidyl ether of bisphenol-A* (DGEBA) D.E.R. 331 dari DOW *Chemical England*. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh fraksi berat alumina sebagai penguat dan epoxy sebagai matrik terhadap ketangguhan retak. Bahan matrik yang digunakan adalah resin epoxy jenis *diglycidyl ether of bisphenol-A* (DGEBA) D.E.R. 331 dari DOW *Chemical England*. Bahan penguat adalah alumina dari Merck K Ga A Darmstadt Germany dengan fraksi berat 0%, 10%, 20% dan 30%. *Hardener* yang digunakan adalah 2,4,6-Tris(dimethylaminomethyl) phenol DMP-30 dari Sigma Aldrich England. Pada bagian matrik perbandingan berat antara epoxy dan *hardener* ditentukan tetap sebesar 98:2. Setiap campuran diaduk menggunakan *mechanical stirrer* pada putaran 800 rpm dan suhu 80°C selama 1 jam. Dalam keadaan tetap berputar, *hardener* ditambahkan ke dalam campuran epoksi-alumina selama 1

menit. Hasil campuran dimasukkan ke dalam bejana vakum selama 1 menit untuk menghilangkan gelembung udara. Kemudian hasil campuran dituangkan ke dalam cetakan aluminium, setelah itu hasil tuangan di *curing* ke dalam oven pada suhu 80 C selama 1 jam, kemudian spesimen dilepas dari cetakan dan dilanjutkan *postcuring* pada suhu 120°C selama 2 jam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tidak terjadi kenaikan terhadap ketangguhan retak terjadi pada penambahan fraksi berat alumina sebesar 20% yaitu sebesar 2,001 MPa.

2.2 Material Komposit

2.2.1 Pengertian Komposit

Komposit berasal dari kata kerja "*to compose*" yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. *Komposit* merupakan rangkaian dua atau lebih bahan yang digabung menjadi satu bahan secara *mikroskopis* dimana bahan pembentuknya masih terlihat seperti aslinya dan memiliki hubungan kerja diantaranya sehingga mampu menampilkan sifat-sifat yang diinginkan (Mikell, 1996). Definisi lain yaitu, Menurut (Matthews dkk, 1993), *komposit* adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda.

Komposit sendiri terbagi menjadi 2 bagian utama, yaitu

A. Matrik

Fungsi matrik pada komposit adalah sebagai perekat antar serat dan menyalurkan tegangan ke semua lapisan layer.

B. *Fiber*

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

1. Perekatan (*bonding*) antara serat dan matrik (*intervarsial bonding*) sangat baik dan kuat sehingga tidak mudah lepas dari matrik (*debonding*).
2. Kelangsingan (*aspec 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 optimum saat komposit maksimum (Tata Surdia, 1999).

Penggabungan material lebih dari satu dengan material pengisi yang berasal dari alam adalah biokomposit. Keuntungan dari material komposit adalah jika dapat didesain dengan baik akan dapat menghasilkan kualitas dan akan dapat sifat baru yang tidak dapat dimiliki oleh material komposit lain.

2.2.2 Klasifikasi Komposit

Secara umum komposit dapat dibagi menjadi 3 kelompok utama berdasarkan matrik, seperti pada gambar 2.1 dibawah ini :



Gambar 2.1 Klasifikasi Komposit secara umum

Sumber : Nurun Nayiroh, Teknologi Material Komposit (2015)

1. Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composite - PMC*)

Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan. Matriks polimer terbagi 2 yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaannya polimer termoplastik adalah polimer yang apabila didinginkan akan menjadi keras dan akan meleleh pada suhu tertentu serta mempunyai sifat reversibel (dapat kembali sifat awalnya), Sedangkan polimer termoset adalah polimer yang memiliki sifat irreversibel (tidak dapat mengikuti perubahan suhu), apabila polimer tersebut telah dikeraskan maka polimer tidak dapat dilunakkan kembali. Dapat disimpulkan bahwa polimer termoplastik dapat didaur ulang sedangkan polimer termoset tidak dapat didaur ulang.

Aplikasi PMC, yaitu sebagai berikut :

- 1) Matrik berbasis poliester dengan serat gelas
 - a) Alat-alat rumah tangga

- b) Panel pintu kendaraan
 - c) Lemari perkantoran
 - d) Peralatan elektronika.
- 2) Matrik berbasis termoplastik dengan serat gelas = Kotak air radiator
 - 3) Matrik berbasis termoset dengan serat carbon
 - a) Rotor helikopter
 - b) Komponen ruang angkasa
 - c) Rantai pesawat terbang

2. Komposit Matrik Logam (*Metal Matrix Composites* – MMC)

Metal Matrix composites adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matrik logam. Material MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah Continous Filamen MMC yang digunakan dalam aplikasi aerospace.

Kelebihan MMC dibandingkan dengan PMC :

- 1) Transfer tegangan dan regangan yang baik.
- 2) Ketahanan terhadap temperature tinggi
- 3) Tidak menyerap kelembapan.
- 4) Tidak mudah terbakar.
- 5) Kekuatan tekan dan geser yang baik.
- 6) Ketahanan aus dan muai termal yang lebih baik

Kekurangan MMC :

- 1) Biayanya mahal
- 2) Standarisasi material dan proses yang sedikit

3. Komposit Matrik Keramik (*Ceramic Matrix Composites* – CMC)

CMC merupakan material 2 fasa dengan 1 fasa berfungsi sebagai reinforcement dan 1 fasa sebagai matriks, dimana matriksnya terbuat dari keramik. Reinforcement yang umum digunakan pada CMC adalah oksida, carbide, dan nitrid. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses DIMOX, yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik disekeliling daerah filler (penguat).

Matrik yang sering digunakan pada CMC adalah :

- 1) Gelas anorganic.
- 2) Keramik gelas
- 3) Alumina
- 4) Silikon Nitrida

Keuntungan dari CMC :

- 1) Dimensinya stabil bahkan lebih stabil daripada logam
- 2) Sangat tangguh , bahkan hampir sama dengan ketangguhan dari cast iron
- 3) Mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus
- 4) Unsur kimianya stabil pada temperature tinggi
- 5) Tahan pada temperatur tinggi (creep)
- 6) Kekuatan & ketangguhan tinggi, dan ketahanan korosi tinggi.

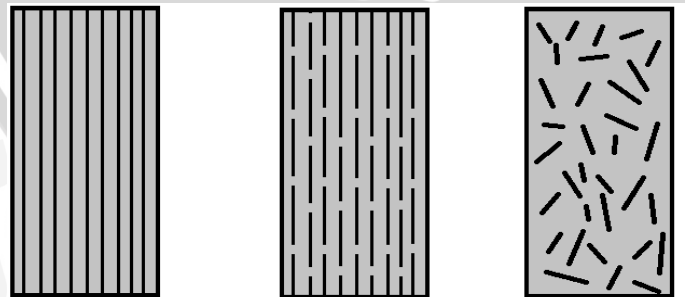
Kerugian dari CMC

- 1) Sulit untuk diproduksi dalam jumlah besar
- 2) Relative mahal dan *non-cost effective*
- 3) Hanya untuk aplikasi tertentu

Sedangkan klasifikasi dari komposit sendiri dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu:

1. Material Serat Komposit (*Fibrous composites materials*)

Terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matrik dan serat. Komposit serat berorientasi adalah dimana serat yang berfungsi sebagai penguat tersusun secara rapi dan terarah. Skema penyusunan serat dapat dibagi menjadi tiga.



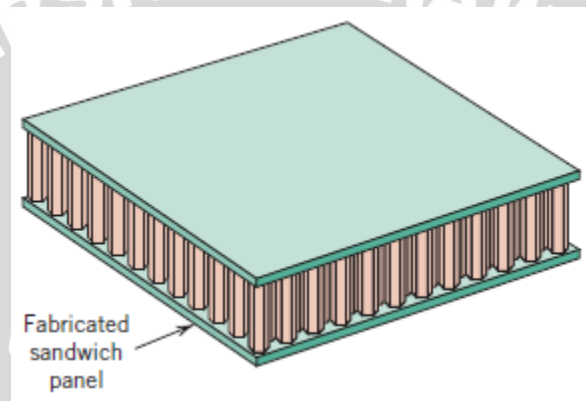
Gambar 2.2 Skema Penyusunan Serat. (a) serat berturut, (b) serat terputus, (c) serat acak terputus

Sumber : Dokumen Pribadi

2. Material Komposit berlapis

Terdiri dari dua atau lebih lapisan material yang berbeda dan digabung secara bersama-sama. *Laminated composite* dibentuk dari berbagai lapisan-lapisan dengan berbagai macam arah penyusutan serat yang ditentukan disebut lamina. Yang termasuk komposit berlapis yaitu:

- a. *Bimetals*
- b. *Cladmetlas*
- c. *Laminated Glass*
- d. *Plastic-Based Laminates*



Gambar 2.3 Komposit laminat (*laminated composite*)

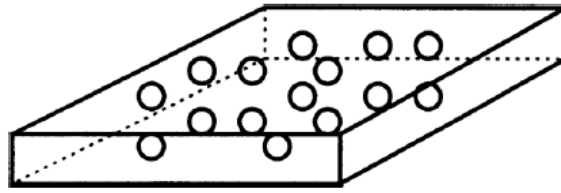
Sumber : Callister, W. D., *Material Science and Engineering, 7nd edition* (2007)

3. Material Komposit Partikel

Terdiri dari satu atau lebih partikel yang tersuspensi di dalam matrik dari matrik lainnya. Partikel logam dan non-logam dapat digunakan sebagai matrik.

Empat kombinasi yang digunakan sebagai matrik komposit partikel :

- * Material komposit partikel non-logam di dalam matrik non-logam
- * Material komposit partikel logam di dalam matrik non-logam
- * Material komposit partikel non-logam di dalam matrik logam
- * Material komposit partikel logam di dalam matrik logam



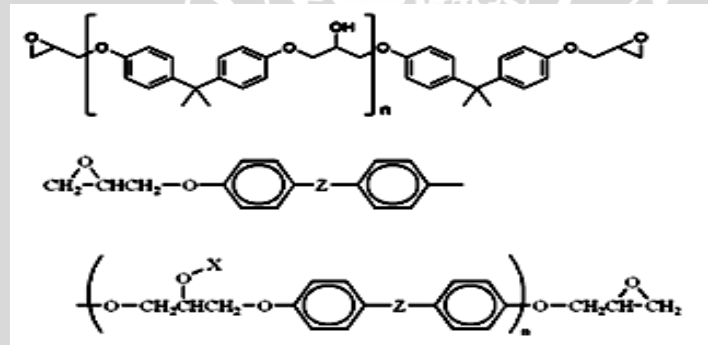
Gambar 2.4 Komposit Partikel

Sumber : Autar K. Kaw, *Mechanics of Composites Material* (2006)

2.3 Matrik

2.3.1 Epoksi

Resin Epoksi terdiri dari 2 bagian penyusun, diantaranya : Epoksi A resin dan Epoksi B *hardener*. Resin epoksi ini memiliki bentuk berupa cairan yang sangat kental serta padat. Penggunaan dari resin ini dengan cara menggabungkan atau mencampurkan antara resin dan hardener yang akan menghasilkan reaksi antara resin dan hardener yang bertujuan untuk membentuk polimer *crosslink*, sehingga akan terjadi pengerasan resin epoksi. *Curing time* yang terjadi pada resin ini tergantung dari penggunaan hardener. Struktur kimia serta spesifikasi dari resin epoksi A dan B dapat dilihat pada gambar 2.12 dan tabel 2.4 - 2.5 dibawah ini :



Gambar 2.5 Struktur kimia Resin Epoksi A dan B

Sumber : Clayton, *Epoxy Resins: Chemistry and Technology* (1987)

Tabel 2.1 Spesifikasi Resin Epoksi (*Eposchon*)

Sifat Mekanik	Besaran	Satuan
Viskositas (at 25 °C)	16000 - 20000	mPa.s
Epolsi <i>equivalent</i>	184 - 204	g/equiv
<i>Hydrolyzable chlorine content</i>	< 0,05	%
<i>Colour according to the Gardner scale</i>	12-15	

Sumber : PT. Justus Kimia Raya, *Data sheet* (2003)

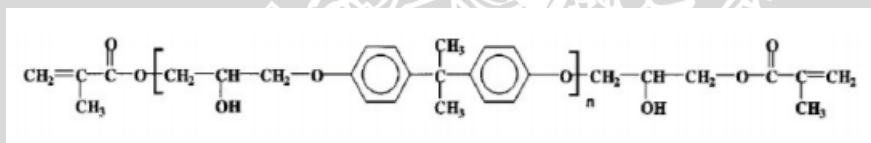
Tabel 2.2 Spesifikasi Hardener Epoksi (*Eposchon*)

Sifat Mekanik	Besaran	Satuan
Kekuatan tarik	410	kgf/cm ²
Kekuatan fleksural	810	kgf/cm ²
Kekuatan tekan	740	kgf/cm ²
Kekuatan geser adesif	160	kgf/cm ²

Sumber : PT. Justus Kimia Raya, *Data sheet Epoksi (Eposchon)* (2003)

2.3.2 Ripoksi (*vynil ester*)

Resin ripoxy (R-802 EX) adalah jenis resin vinil ester. Sifat utama dari resin ini adalah tahan terhadap korosi dan reaksi asam kimia. Resin ripoxy memiliki kemampuan yang tidak baik dalam ikatan terhadap beberapa jenis serat. Ripoxy dalam proses penggunaannya ditambahkan 2 jenis cairan kimia, antara lain : (MEKPO atau *cumene hyroperoxide*) dan promotor (*cobalt naphthenate* atau *promoter D*). Resin Ripoxy R-802 memiliki sifat inflammable, hal ini dikarenakan struktur kimianya telah memiliki kandungan *manomer styrene* yang termasuk dalam kategori class 3-3 oleh *Intergovernmental Maritime Consultative Organization*



Gambar 2.6 Struktur kimia resin ripoksi

Sumber : Changwoon, *Molecular dynamics simulation of vinyl ester resin* (2013)

Tabel 2.3 Spesifikasi Resin Ripoxy (R-802)

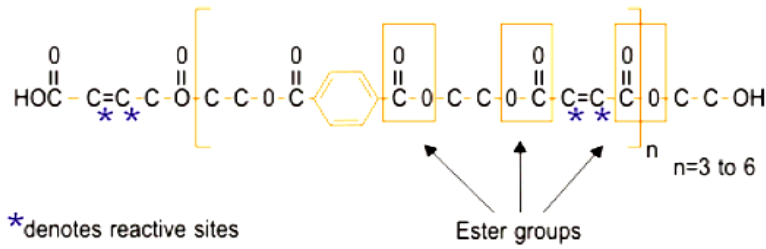
Sifat Mekanik	Besaran	Satuan	Sifat Mekanik	Besaran	Satuan
<i>Specifik gravity</i>	1,134	g/cm ³ (25 °C)	<i>Compress strength</i>	108-118	MPa
<i>Heat distorcion temperature</i>	100	°C	<i>Charpy impact</i>	4900-7900	J/m ²
<i>Tensile Strength</i>	69-89	MPa	<i>Barcol Hardness</i>	35	
<i>Flexural Strength</i>	120-150	MPa	<i>Elongation</i>	6	%
<i>Flexural Modulus</i>	2,7-3,1	GPa	<i>Curing shrinkage</i>	7,5-8,5	%

Sumber : Showa, *Data sheet Ripoxy (R-802)* (2005)

2.3.3 Polyester BTQN 157

Resin poliester termasuk salah satu polimer termoset. *Curing* / pengerasan yang terjadi pada resin poliester dilakukan dengan menambahkan suatu peroksida atau katalis. Reaksi dari penggabungan resin poliester dan katalis akan menghasilkan reaksi ikat silang

secara radikal bebas dari poliester dengan manomer reaktif yang ditambahkan dalam resin poliester tersebut



Gambar 2.7 Struktur Kimia Poliester

Sumber : Bramantyo, Pengaruh Konsentrasi Serat Rami Terhadap Sifat Material Komposit Poliester Serat Alam (2008)

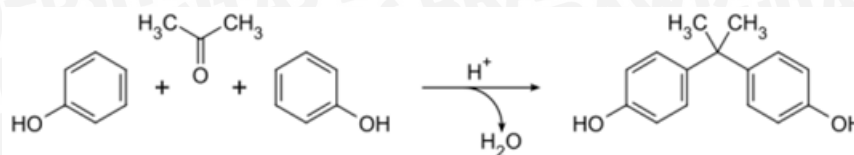
Tabel 2.4 Spesifikasi Resin Poliester Yukalac BTQN 157

Sifat Mekanik	Besaran	Satuan
Berat jenis	1,4	gr/cm ³
Kekerasan	40	-
Suhu distorsi panas	70	⁰ C
Penyerapan air (suhu ruang)	0,188	% (24 jam)
	0,446	% (7 hari)
Kekuatan Fleksural	9,4	Kg/mm ²
Modulus Fleksural	300	Kg/mm ²
Kekuatan tarik	5,8	Kg/mm ²
Modulus elastisitas	300	Kg/mm ²
Elongasi	2,4	%

Sumber : PT. Justus Kimia Raya, *Data sheet Polyester Yukalac BTQN 157* (2015)

2.3.4 Bisphenol A

Bisphenol A tidak di temukan secara natural di alam namun direkayasa oleh manusia. Dibuat pertama kali oleh Alexander Dianin. 4, 4'-(propane-2, 2'-diyl) diphenol, atau biasa disebut bisphenol A (BPA). Didapat dari proses penyatuan secara kondensasi antara aseton dan 2 phenol yang setara yang membutuhkan reaksi asam tinggi sebagai katalis. Sangat efisien dan produk sisanya adalah air.



Gambar 2.8 Kondensasi Bisfenol A

Sumber : Mia Monte, *School of Ramiro de Maeztu Lecture* (2013)

Tabel 2.5 Spesifikasi Resin Bisphenol A (LP-1Q-EX)

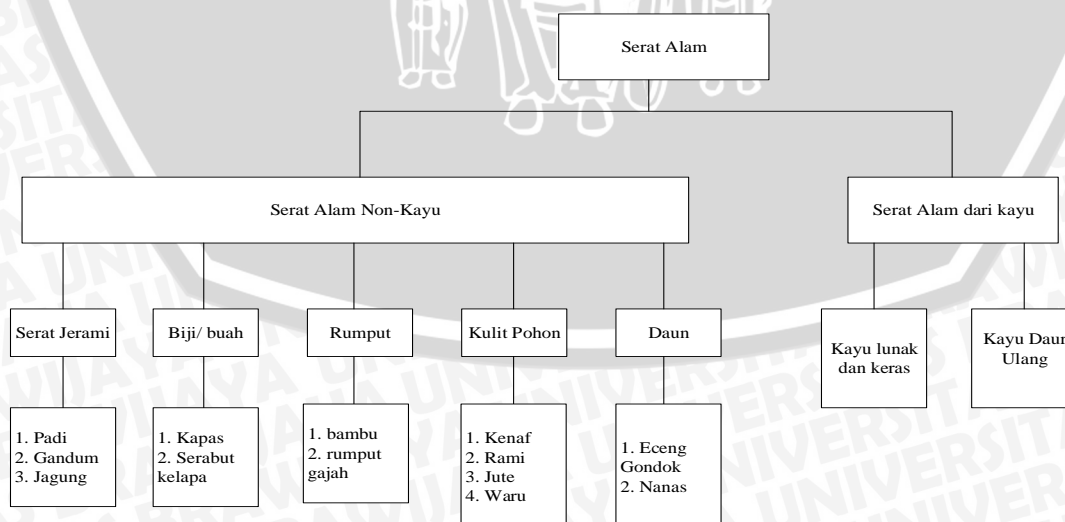
Sifat Mekanik	Besaran	Satuan
Tensile Strength	88	Mpa
Tensile Modulus	3,2	Gpa
Tensile Elongation	6,2	%
Flexural Strength	153	Mpa
Flexural Modulus	3,5	Gpa

Sumber : PT. Justus Kimia Raya, *Data sheet Bisphenol A (LP-1Q-EX)* (2016)

2.4 Serat Kulit Pohon Waru

Serat alam (*natural fibre*) adalah jenis-jenis serat sebagai bahan baku industri tekstil atau lainnya, yang diperoleh langsung dari alam. Berdasarkan asal usulnya, serat alam dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok, yaitu serat yang berasal dari hewan, bahan tambang, dan tumbuhan

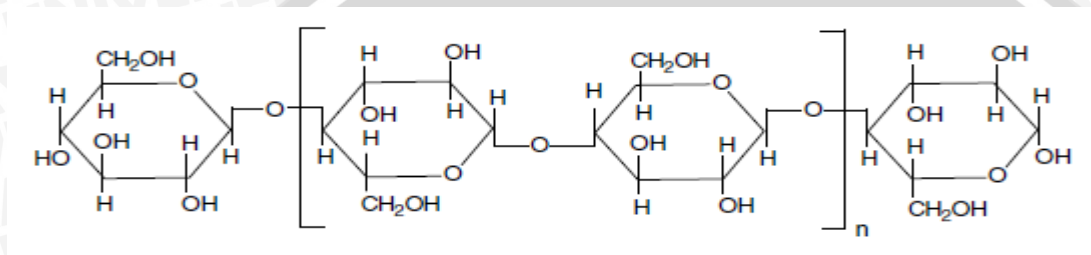
Serat alam yang berasal dari tumbuhan memiliki beberapa klasifikasi serat alam yang dijelaskan pada gambar 2.10 dibawah ini :



Gambar 2.9 Klasifikasi Serat alam

Sumber : Amar K. M, *Natural fibers, Biopolymers, and Biocomposites* (2005)

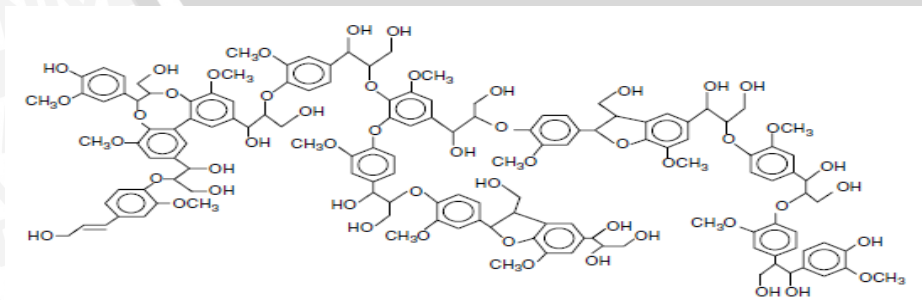
Serat alam yang tergolong dalam kayu atau non kayu jenis memiliki komposisi utama selulosa dan lignin. Jumlah selulosa dalam sistem lignoselulosa dapat bervariasi, hal tersebut tergantung pada spesies dan umur tanaman. Selulosa adalah *hydrophilic glucan polymer* yang terdiri dari rantai linear unit *1,4-β anhydroglucose*, yang mengandung gugus *alcoholic hydroxyl*. Kelompok hidroksil akan membentuk ikatan hidrogen antar molekul dan intramolekul dengan makromolekul atau dengan makromolekul selulosa atau molekul polar. Secara kimia, maka struktur dari selulosa dapat dijelaskan pada gambar 2.4 dibawah ini :



Gambar 2.10 Struktur Selulosa

Sumber : Amar K. M, *Natural fibers, Biopolymers, and Biocomposites* (2005)

Komposisi lignin atau zat kayu pada setiap jenis tumbuhan memiliki jumlah yang berbeda-beda tergantung pada jenis tumbuhannya. Lignin memiliki fungsi sebagai pengikat komponen lainnya dalam tumbuhan terutama pada bagian batang, sehingga menyebabkan batang sebuah pohon dapat berdiri tegak. Struktur kimia pada lignin memiliki pola yang tidak sama dan sangat kompleks. Lignin termasuk kedalam gugus aromatik, hal ini yang saling menghubungkan dengan rantai alifatik dan terdiri dari 2-3 karbon. Hasil dari proses pirolisis pada lignin menghasilkan senyawa berupa fenol dan kresol yang termasuk kedalam senyawa kimia aromatis.



Gambar 2.11 Struktur Lignin

Sumber : Amar K. M, *Natural fibers, Biopolymers, and Biocomposites*, 2005

2.5 Deskripsi Pohon Waru

Pohon Waru (*Hibiscus tiliaceus*) termasuk tumbuhan pada suku kapas-kapasan atau Malvaceae. Pada banyak ditemukan di seluruh wilayah Pasifik dan dikenal dengan berbagai nama: *hau* (bahasa Hawaii), *purau* (bahasa Tahiti), *beach Hibiscus*, *Tewalpin*, *Sea Hibiscus*, atau *Coastal Cottonwood* dalam bahasa Inggris.



Gambar 2.12 Daun dan Bunga Pohon Waru *Hibiscus tiliaceus*

Sumber : *Cancer Chemoprevention Research Center UGM*

2.5.1 Klasifikasi Ilmiah

Pohon waru (*Hibiscus tiliaceus*) memiliki klasifikasi ilmiah sebagai berikut :

Tabel 2.6 Klasifikasi Ilmiah Pohon waru (*Hibiscus tiliaceus*)

Kingdom	<i>Plantae</i> (Tumbuhan)
Subkingdom	<i>Tracheobionta</i> (Tumbuhan Berpembulu)
Super Divisi	<i>Spermatophyta</i> (Menghasilkan Biji)
Divisi	<i>Magnoliophyta</i> (Tumbuhan Berbunga)
Kelas	<i>Magnoliopsida</i> (Berkeping dua / dikotil)
Sub Kelas	<i>Dillniidae</i>
Ordo	<i>Malvales</i>
Famili	<i>Malvaceae</i> (Suku Kapas-Kapasan)
Genus	<i>Hibiscus</i>
Spesies	<i>Hibiscus tiliaceus</i> L.

Sumber : Biologi online info

2.5.2 Keuntungan dan kerugian Serat Alam

Penggunaan serat alam untuk material komposit memiliki beberapa keunggulan dan kerugian :

A. Keuntungan

- Berat jenis rendah
- Serat alam adalah material alternatif dan termasuk sumber daya terbarukan, serta produksi yang membutuhkan lebih sedikit energi.
- Proses dengan biaya relatif rendah.
- Pengolahan yang ramah lingkungan.
- Serat alam dapat di daur ulang atau terurai.

B. Kerugian

- Sifat kekuatan yang lebih rendah.
- Kualitas serat alam tergantung pada hal-hal yang di luar kontrol seperti cuaca.
- Faktor kelembaban yang mengakibatkan pembusukan pada serat.
- Terbatas pada proses perlakuan temperatur maksimum.
- Tidak tahan api.
- Harga dapat berfluktuasi dengan hasil panen.

2.6 Teori ikatan metriks dan serat penguat

Ketika matriks melapisi dan melekat pada serat penguat, terjadi ikatan antar serat dengan matriks. ada beberapa macam ikatan yang terbentuk antara lain.

a. Ikatan mekanik (*Mechanical bonding*)

Matriks cair akan menyebarkan ke seluruh permukaan serat penguat dan mengisi setiap lekuk dan permukaan serat penguat yang kasar akan saling mengunci dan semakin kasar permukaan serat maka ikatan yang terjadi akan semakin kuat



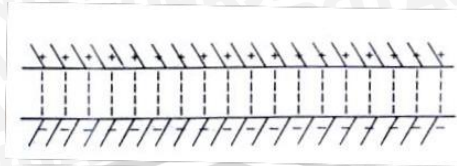
Gambar 2.13 Ikatan Mekanis

Sumber : I Nyoman Pasek Nugraha (2015)

b. Ikatan elektrostatik (*elektrostatic bonding*)

Ikatan elektrostatik seperti yang di tunjukkan terjadi antara matriks dan serat penguat ketika salah satu permukaan yang mempunyai muatan positif dan

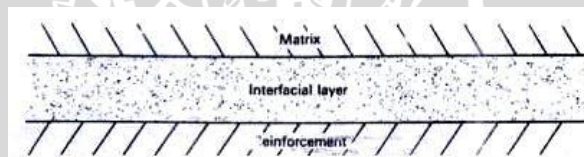
permukaan lain mempunyai muatan negatif, sehingga terjadi Tarik menarik antara dua permukaan tersebut



Gambar 2.14 Ikatan Elektrostatis
Sumber : I Nyoman Pasek Nugraha (2015)

c. Ikatan reaksi (*Reaction bonding*)

Atom atau molekul dari dua komponen dalam komposit dapat bereaksi pada permukaan sehingga terjadi ikatan reaksi. ikatan ini akan membentuk lapisan permukaan yang mempunyai sifat yang berbeda dari kedua komponen tersebut. ikatan ini dapat terjadi karena adanya difusi atom-atom permukaan dari komponen komposit



Gambar 2.15 Ikatan Reaksi
Sumber : I Nyoman Pasek Nugraha (2015)

2.7 Uji Tarik

Uji tarik digunakan untuk memperoleh informasi dari kekuatan bahan dan sebagai uji spesifikasi bahan. Pada uji tarik spesimen dibebani gaya tarik searah sumbu secara kontinyu. Sedangkan kekuatan tarik merupakan kekuatan untuk menerima beban tanpa mengalami kerusakan dan dinyatakan sebagai tegangan maksimum bahan sebelum patah.

2.7.1 Hubungan Tegangan Dan Regangan

Hubungan tegangan regangan dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Tegangan tarik merupakan distribusi gaya tarik persatuan luas bahan, dirumuskan:

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

Dimana :

σ_T = Tegangan tarik (MPa)

F = Gaya tarik (N)

A = Luas penampang(mm²)

- Regangan adalah perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang awal, dirumuskan:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Dimana :

ε = Regangan (%)

l_0 = Panjang awal (mm)

Δl = Pertambahan panjang (mm)

Untuk hampir semua bahan material tahap uji tarik hubungan antara beban atau gaya yang diberikan pada bahan percobaan berbanding lurus terhadap perubahan panjang bahan tersebut, ini disebut daerah linier. Di daerah ini kurva pertambahan panjang terhadap beban sebagai berikut:

“Rasio tegangan dan regangan adalah konstan” .Sehingga hubungan antara tegangan dan regangan di rumuskan :

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

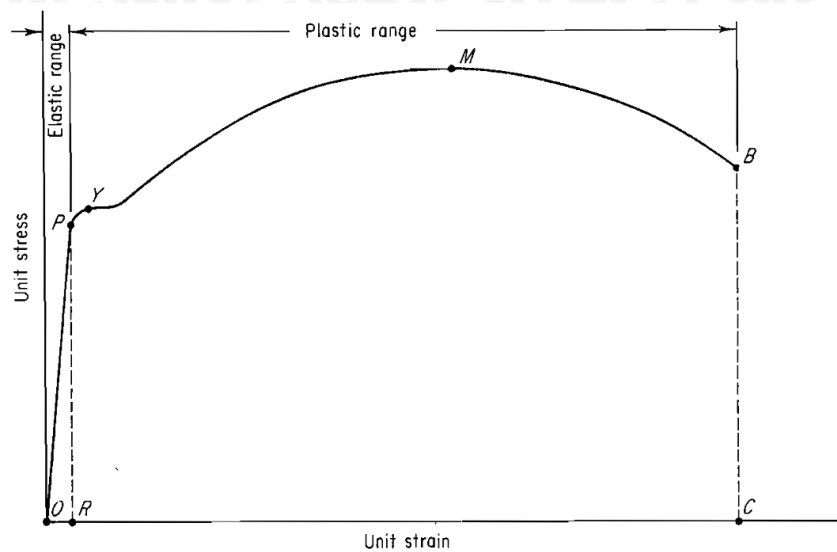
Dimana :

E = Modulus elastisitas (GPa)

σ = Tegangan (MPa)

ε = Regangan (%)

- Hubungan antara regangan dan tegangan juga dapat diketahui dengan jelas dari grafik tegangan – regangan yang berdasarkan hasil uji tarik sebagai berikut :



Gambar 2.16 Hubungan Tegangan dengan Regangan

Sumber : Avner S.H., *Introduction to Physical Metallurgy* (1974)

Istilah mengenai sifat-sifat mekanik bahan dengan melihat hasil uji tarik diatas. Asumsikan bahwa kita melakukan uji tarik mulai titik 0 sampai B sesuai dengan arah panah dalam gambar.

- Daerah Elastis (*Elastic Range*)

Dalam gambar diatas dinyatakan dengan daerah pada titik 0 sampai dengan R. Daerah terjadinya deformasi elastis, yang dimana kenaikan tegangan dan regangan berbanding lurus sehingga membentuk kurva yang linier atau nilai perubahan tegangan dan regangan sama.

- Batas proporsional (*P*)

Titik sampai dimana penerapan hukum Hooke masih bisa ditolerir. Tidak ada standarisasi tentang nilai ini. Dalam praktek biasanya, batas proporsional sama dengan batas elastis, yang mana merupakan batas dari keseimbangan antara pertambahan tegangan dan regangan.

- Tegangan luluh (*Yield Stress*)

Tegangan maksimum sebelum bahan memasuki fase daerah landing, peralihan deformasi elastis ke plastis.

- Daerah plastis

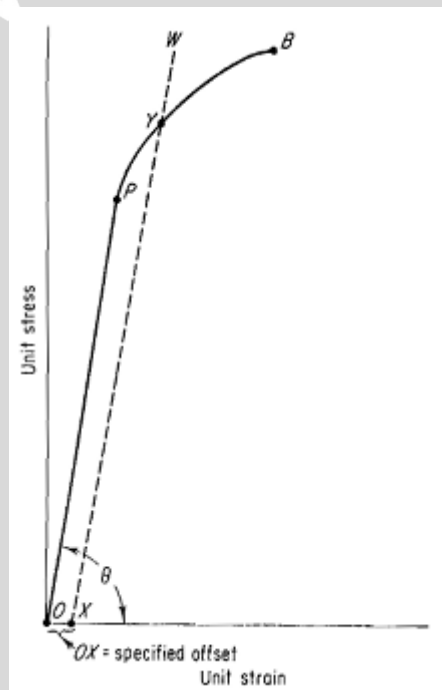
Daerah dimana terjadinya deformasi plastis yang terjadi setelah *yield strength* sampai *fracture*. Kenaikan tegangan regangan merupakan fungsi *polynomial* sampai titik *ultimate strength*, kemudian putus sampai *fracture*.

- *Ultimate Tensile Strength (M)*

Titik terjadinya tegangan regangan tertinggi yang dapat dicapai material atau spesimen. Pada saat titik *Ultimate (M)*, spesimen mengalami *necking* (pengecilan penampang) dengan diikuti penurunan tegangan, tapi panjangnya tetap bertambah sampai akhirnya putus.

- *Fracture (B)*

Titik dimana terjadinya patahan pada spesimen.



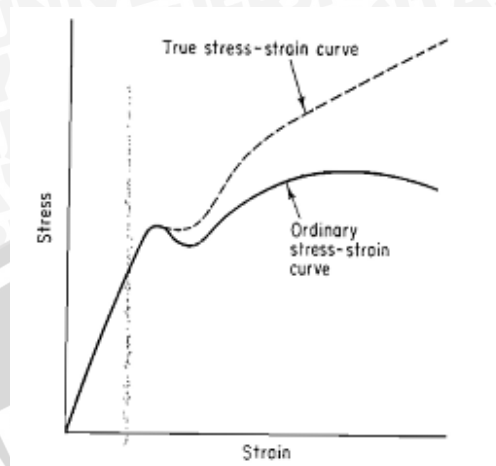
Gambar 2.17 Metode *Offset*

Sumber Avner S.H., *Introduction to Physical Metallurgy* (1974)

Pada gambar diatas, ditunjukkan dengan titik *B*, merupakan besar tegangan dimana bahan yang di uji putus atau patah.

Apabila suatu proses material dihasilkan dengan tegangan-regangan yang tidak memperlihatkan titik luluh / *yield*, maka mencarinya dengan metode *offset*, yaitu menarik garis lurus sejajar dengan diagram tegangan dimulai dari titik 0 regangan yang digunakan

sebagai acuan dengan jarak 0,2% dari regangan maksimum. Perpotongan garis *offset* dengan kurva tegangan regangan itulah tegangan *yield* dari bahan tersebut.



Gambar 2.18 Hubungan Tegangan Regangan Rekayasa dan Sejati

Sumber : Avner S.H., *Introduction to Physical Metallurgy* (1974)

Kurva tegangan regangan pada gambar 2.8 menunjukkan perbedaan tegangan regangan rekayasa dengan sejati. Tegangan regangan rekayasa dari hasil pengukuran benda uji tarik, sedangkan tegangan regangan sejati dapat dihitung dengan membagi gaya (F) dengan penampang awal benda kerja (A_0).

2.7.2 Elastisitas dan Plastisitas

. Elastisitas

Kemampuan suatu material untuk kembali ke bentuk atau ukuran semula saat tegangan yang diberikan dihilangkan.

Sifat mekanis daerah elastis pada diagram tegangan-regangan:

-Tegangan *Elastic* + *modulus young*

Merupakan kemampuan untuk menerima beban tanpa terjadi deformasi plastis (ditunjukkan oleh titik luluh) dan digunakan sebagai harga batas beban bila digunakan dalam suatu perencanaan. Sedangkan *modulus young* dapat diartikan secara sederhana, yaitu adalah hubungan besaran tegangan dan regangan tarik. Rumus *modulus young* adalah :

$$E = \frac{\text{Tensile Stress}}{\text{Tensile Strain}} = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F/A_0}{\Delta l/l_0} = \frac{F \cdot l_0}{A_0 \cdot \Delta l}$$

Dimana :

E = *Modulus young* (GPa)

F = Gaya yang diberikan (N)

A₀ = Luas penampang beban mula-mula (mm²)

Δl = Pertambahan panjang bahan (mm)

L₀ = Panjang mula-mula bahan (mm)

-Kekakuan

Merupakan kemampuan bahan menerima beban atau ketegangan tanpa menyebabkan perubahan bentuk (deformasi atau defleksi).

-Resilient

Merupakan kemampuan menyerap energi tanpa terjadi deformasi plastis. Biasanya dinyatakan dalam *modulus resilient* (energi yang diserap untuk meregangkan satu satuan volume bahan sampai batas plastis).

-Plastisitas

Kemampuan suatu material untuk mengalami sejumlah deformasi plastis (permanen) tanpa mengalami patah dan dinyatakan dalam presentase perpanjangan atau presentase pengurangan luas penampang. Keuletan menunjukkan kemampuan logam untuk dibentuk tanpa mengalami patah, sehingga penting untuk proses pembentukan logam. Di samping itu untuk logam yang memiliki kualitas tinggi, kerusakan dapat diketahui secara dini dengan melihat deformasi yang mendahului bahan tersebut patah.

Sifat mekanik daerah plastis :

-Keuletan

Merupakan kemampuan suatu material untuk berdeformasi plastis tanpa mengalami patah dan dinyatakan dalam presentase perpanjangan atau presentase pengurangan luas penampang. Keuletan menunjukkan kemampuan logam untuk dibentuk tanpa mengalami patah/retak, sehingga penting untuk proses pembentukan logam. Di samping itu untuk logam yang memiliki kualitas tinggi, kerusakan dapat diketahui secara dini dengan melihat deformasi yang mendahului bahan tersebut retak/patah.

-Ketangguhan

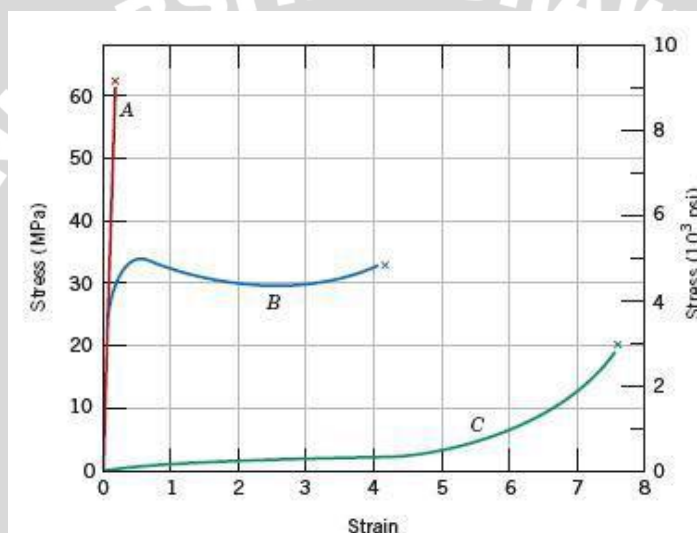
Ketangguhan dinyatakan dalam *modulus* ketangguhan (banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan bahan persatuan volume) dan sangat sulit untuk diukur karena dipengaruhi oleh cacat, bentuk, ukuran bahan, dan kondisi pembebanan.

-Kekuatan tarik

Kekuatan tarik merupakan kekuatan untuk menerima beban tanpa mengalami kerusakan dan dinyatakan sebagai tegangan maksimum bahan sebelum patah.

2.7.3 Tegangan regangan bahan polimer

Sifat mekanik polimer mempunyai parameter yang hampir sama dengan yang dimiliki oleh logam, di antaranya modulus elastisitas, *tensile strength* dan *fatigue*.



Gambar 2.19 Kurva tegangan-regangan untuk polimer a) getas (*brittle*); b) plastis; dan c) elastomer (*highly elastic*)

Sumber : Imaniah, Pengujian Bahan (2013)

2.8 Metode Manufaktur Komposit

Metode manufaktur komposit adalah metode yang digunakan dalam pembuatan material komposit, terdapat dua cara manufaktur dalam pembuatan material komposit yaitu proses cetakan terbuka / *open-mold process* dan proses cetakan tertutup / *closed mold processes*.

A. Proses Cetakan Terbuka/ *Open-mold Process*

Proses cetakan terbuka adalah proses sederhana pembuatan komposit yang dilakukan pada ruangan terbuka tanpa adanya penghalang antara komposit dan udara luar. Contoh dari proses cetakan terbuka adalah *hand lay-up*.

Metode *Hand lay-up*

Hand lay-up adalah metode yang paling sederhana dengan cara menuangkan resin kedalam serat berbentuk anyaman, rajutan atau kain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar.



Gambar 2.20 *Hand Lay Up*

Sumber : R. Hari Setyanto, Review: Teknik Manufaktur Komposit Hijau dan Aplikasinya (2012)

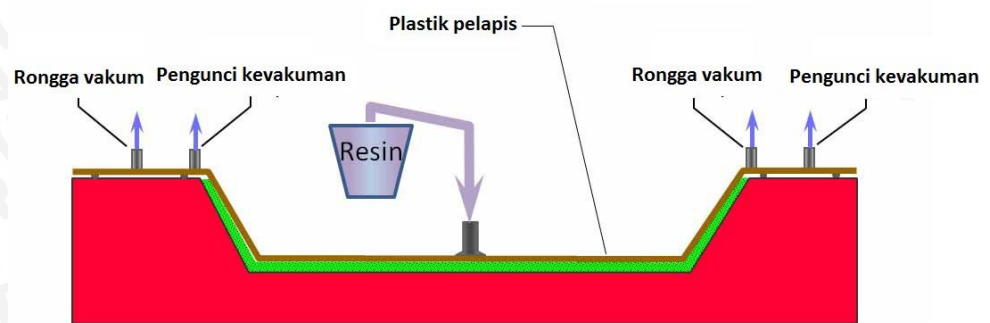
B. Proses Cetakan Tertutup/ *Closed-mold Process*

Proses cetakan tertutup adalah proses yang pembuatan komposit yang dilakukan pada ruangan tertutup untuk mencegah terjadi kontak pada udara luar. Contoh dari proses cetakan tertutup adalah *Vacuum Infusion*

Metode *Vacuum Infusion*

Proses *vacuum infusion* merupakan penyempurnaan dari *hand lay-up*, penggunaan dari proses vakum ini adalah untuk menghilangkan udara yang terperangkap dan kelebihan resin. Pada proses ini digunakan pompa vakum untuk menghisap udara yang ada dalam wadah/tempat dimana komposit 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. Metode vakum memberikan penguatan konsentrasi yang lebih tinggi, adhesi yang lebih baik antara lapisan, dan kontrol yang lebih terhadap rasio resin.

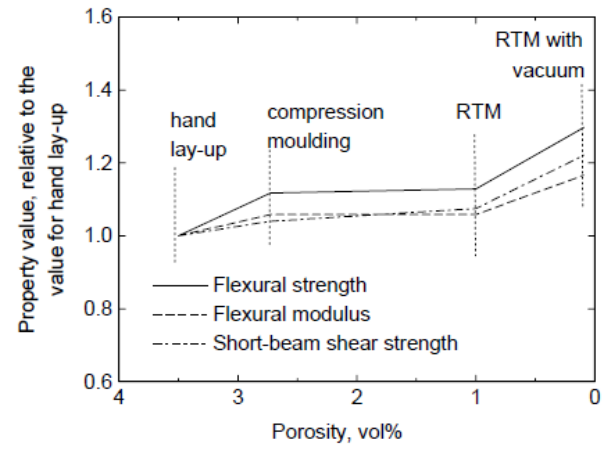
Vacuum Infusion (Resin Transfer Molding)

Gambar 2.21 *Vacuum Infusion Resin*

Sumber : Molded Fiber glass Companies, *Vacuum Infusion Resin* (2016)

2.8.1 Pengaruh Metode Manufaktur Komposit Terhadap Material Cacat

Komposit dengan material polimer sebagai penguat akan menghasilkan beberapa kecacatan pada material komposit, hal ini dikarenakan dengan metode manufaktur atau metode pembuatan material komposit yang digunakan. Salah satu cacat yang sering terjadi pada metode manufaktur adalah porositas. Metode manufaktur dalam pembentukan material komposit akan mempengaruhi porositas yang terdapat di dalam material komposit hal ini dapat dilihat pada gambar 2.22 Dari grafik dapat dilihat bahwa metode RTMV memiliki porositas yang sangat kecil dibandingkan metode *hand lay up*. Dari grafik diatas maka dapat dilihat bahwa metode RTMV memiliki porositas yang sangat kecil dibandingkan metode *hand lay up*. Metode RTMV dapat mengurangi tekanan udara di dalam rongga cetakan, sehingga memiliki tingkat porositas yang rendah.



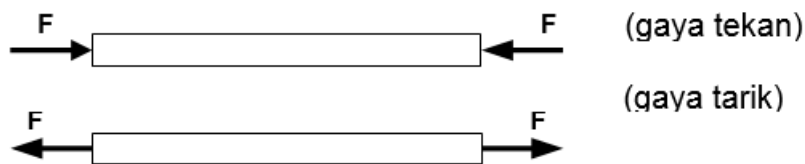
Gambar 2.22 Variasi metode manufaktur komposit terhadap *porosity*

Sumber : Bryan Harris, *Engineering composites* (1999)

2.9 Konstruksi Rangka Batang

Rangka batang (Truss)

- Konstruksi yang dirancang untuk menumpu beban dan biasanya berupa struktur yang dikekang/disambung jepit penuh dan stasioner.
- Rangka batang terdiri dari batang-batang lurus yang berhubungan pada titik-titik kumpul (SIMPUL) yang terletak di setiap ujung batang.
- Oleh karena itu batang-batang ini merupakan batang dengan 2 gaya : yaitu batang yang mengalami dua gaya sama besar dan berlawanan arah.
- Dua gaya tersebut merupakan gaya aksial yaitu berupa gaya tarik atau gaya tekan.



Gambar 2.23 Pembebanan batang secara aksial

Berlaku Hukum III Newton : AKSI = REAKSI

- Pembahasan dibatasi pada : statis tertentu atau rangka batang sederhana.

Syarat rangka batang sederhana

1. Sumbu batang berimpit dengan garis penghubung antara kedua ujung sendi/simpul. Titik pertemuan disebut : **titik simpul**. Garis yang menghubungkan semua simpul pada rangka batang disebut : **Garis Sistem**.
2. Muatan/beban yang bekerja pada rangka batang harus ditangkap / diteruskan pada simpul.
3. Garis sistem dan gaya luar harus terletak pada satu bidang datar.
4. Rangka batang ini harus merupakan rangka batang statis tertentu, baik ditinjau dari keseimbangan luar dan keseimbangan dalam.

2.10 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka, muncul hipotesis dari permasalahan yang diamati. Perbedaan karakteristik pada tiap matrik akan membuat hasil kekuatan tarik yang berbeda pula pada tiap komposit yang akan dihasilkan.

