

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Sari, dkk (2013) meneliti tentang analisis sifat kekuatan tekan dan foto mikro komposit *urea formaldehyde* diperkuat serat batang kedelai. Pengujian yang dilakukan adalah uji tekan dengan standar spesimen ASTM D 695-96. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tekan komposit *urea formaldehyde* dengan variasi fraksi volume 10%, 20% dan 30% dengan masing-masing variasi arah serat 0° , $\pm 45^\circ$, 90° cenderung menunjukkan penurunan dimana kekuatan tekan tertinggi pada fraksi volume 10% terdapat pada arah serat $\pm 45^\circ$ dengan nilai kekuatan tekan berturut-turut yaitu 63,13 MPa, 49,9 MPa dan 38,07 MPa. Sedangkan kekuatan tekan rata-rata terendah pada variasi fraksi volume serat 10%, 20% dan 30% terdapat pada variasi arah serat 0° dengan nilai kekuatan tekan berturut-turut yaitu sebesar 35,50 MPa, 24,20 MPa dan 23,93 MPa. Selanjutnya pada foto struktur mikro memperlihatkan morfologi *interface* serat-resin batang kedelai yang cukup kuat.

Studi perlakuan jenis alkali dan fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik, kekuatan bending, tarik dan dampak komposit berpenguat serat rami bermatrik *polyester* BQTN-157 yang telah dilakukan oleh (Hartanto, 2009). Kekuatan dampak yang paling optimal yaitu alkali 6 jam tebal spesimen 5 mm V_f 50% yaitu 1,833J/mm².

Fajar (2008), meneliti tentang kekuatan bending dan dampak komposit serat rami susun acak dengan matrik *polyester* BQTN 157 tanpa perlakuan alkali. Komposit dibuat dengan menggunakan metode pres *mold*. Hasil pengujian tersebut diperoleh data yaitu : pengujian *bending* didapat nilai tegangan bending rata-rata tertinggi adalah pada komposit dengan $V_f= 50\%$ pada tebal 5 mm sebesar 95,33 MPa dan terendah adalah pada komposit dengan $V_f= 20\%$ pada tebal 4 mm sebesar 44,52

MPa. Modulus elastisitas bending rata-rata tertinggi adalah pada komposit dengan $V_f = 40\%$ pada tebal 1 mm sebesar 5462,93 MPa dan terendah adalah komposit dengan $V_f = 20\%$ dengan tebal 4 mm. Kekuatan impact rata-rata tertinggi adalah pada komposit dengan $V_f = 20\%$ pada tebal 1 mm sebesar 0,1119 J/mm² dan terendah adalah pada komposit dengan $V_f = 40\%$ dengan tebal 5 mm sebesar 0,024 J/mm².

Dari beberapa uraian penelitian di atas menunjukkan bahwa kekuatan tekan komposit *urea formaldehyde* diperkuat dengan serat batang kedelai dengan standar spesimen ASTM D695-96 kekuatan tekan tertinggi pada fraksi volume 10% pada arah serat $\pm 45^\circ$ sebesar 63,13 MPa dan terendah pada fraksi volume 10% pada arah serat 0° sebesar 35,50 MPa. Studi perlakuan jenis alkali dan fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik, kekuatan bending, tarik dan impact komposit berpenguat serat rami bermatrik *polyester* BQTN-157 menunjukkan kekuatan impact yang paling optimal yaitu alkali 6 jam tebal spesimen 5 mm V_f 50% yaitu 1,833J/mm² sedangkan untuk kekuatan impact komposit serat rami susun acak dengan matrik *polyester* BQTN 157 tanpa perlakuan alkali didapat kekuatan impact rata-rata tertinggi adalah pada komposit dengan $V_f = 20\%$ pada tebal 1 mm sebesar 0,1119 J/mm² dan terendah adalah pada komposit dengan $V_f = 40\%$ dengan tebal 5 mm sebesar 0,024 J/mm². Berdasarkan kesimpulan di atas, maka perlu dilakukan penelitian dan kajian lebih lanjut mengenai sifat-sifat tekan dan ketangguhan impact dari material komposit *hybrid* serat ijuk/serat gelas anyam bermatrik *polyester* dengan variasi lapisan serat gelas dengan perlakuan alkali 2 jam.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Komposit

Pada mulanya, logam merupakan bahan utama pembuatan di bidang konstruksi, transportasi dan militer. Seiring berjalannya waktu dan berkembangnya teknologi, penggunaan logam sudah semakin jarang diminati karena ketersediaan

logam di alam terbatas sedangkan kebutuhan bahan di bidang konstruksi, transportasi dan militer semakin meningkat. Oleh karena itu diperlukan bahan alternatif pengganti logam ringan tetapi kuat. Bahan alternatif yang mempunyai prospek yang baik ke depan adalah komposit.

Gurdal, dkk (1999), komposit adalah bahan heterogen yang terdiri dari bahan pengikat (*matriks*) dan bahan penguat (*reinforcement*). Komposit memiliki dua bahan penyusun, yaitu bahan utama sebagai bahan pengikat dan bahan pendukung sebagai penguat. Bahan utama membentuk matrik dimana bahan penguat ditanamkan di dalamnya. Bahan penguat dapat berbentuk serat, partikel, atau juga dapat berbentuk lain.

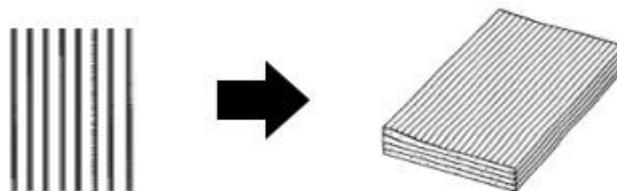
Berdasarkan pembahasan di atas, disimpulkan bahwa komposit merupakan bahan yang dibentuk dari dua jenis bahan material yang berbeda, yaitu pada bahan penguat (*reinforcement*) yang mempunyai sifat kurang elastis (*ductile*) tetapi lebih kaku serta lebih kuat. Sedangkan bahan pengikat (*matriks*) umumnya lebih elastis (*ductile*) tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah, (Sumargianto, 2016).

2.2.2. Klasifikasi Bahan Komposit

Komposit berdasarkan penempatannya, menurut Gibson (1994) terdapat 4 jenis tipe serat pada komposit, yaitu :

a. *Continuous Fiber Composite*

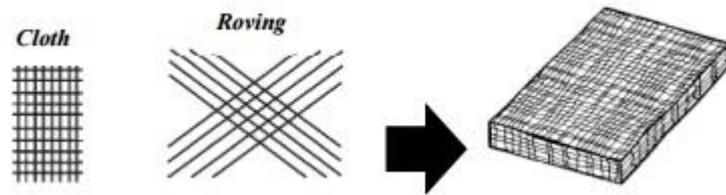
Tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriknya. Tipe ini mempunyai kelemahan pemisahan antar lapisan.



Gambar 2.1. *Continuous Fiber Composite* (Gibson, 1994).

b. *Woven Fiber Composite (bi-directional)*

Woven Fiber Composite (bi-directional) adalah komposit yang tidak mudah oleh dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar lapisan. Susunan serat memanjang dan tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan menjadi melemah.

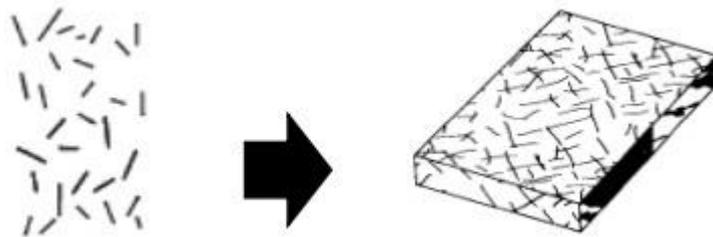


Gambar 2.2. *Woven Fiber Composite* (Gibson, 1994).

c. *Discontinuous Fiber Composite*

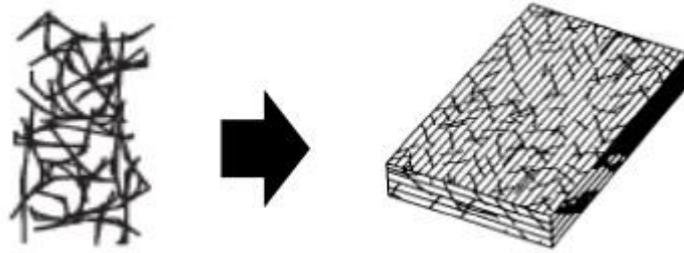
Discontinuous fiber composite merupakan tipe komposit dengan serat pendek. *Discontinuous fiber composite* dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

1) *Chopped fiber composite* memiliki serat pendek secara acak tersebar dalam matrik. Komposit serat cincang (*chopped*) digunakan secara ekstensif dalam aplikasi volume tinggi karena biaya produksi yang rendah, tetapi sifat mekanik jauh lebih rendah dari pada *continuous fiber composite*.



Gambar 2.3. *Chopped Fiber Composite* (Gibson, 1994).

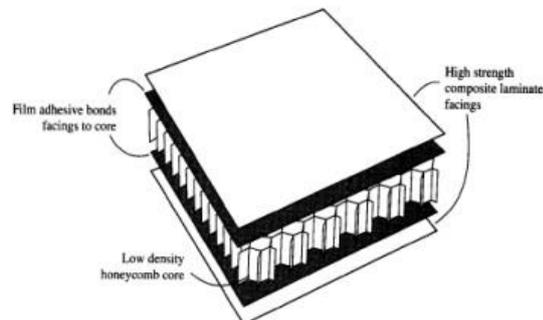
2) *Hybrid Composite* dapat terdiri dari campuran cincang serat dan serat berkesinambungan atau jenis serat campuran seperti kaca atau grafit.



Gambar 2.4. *Hybrid Fiber Composite* (Gibson, 1994).

d. *Sandwich Structure Composite*

Sandwich structure composite konfigurasi komposit lain yang umum adalah *sandwich structure* terdiri dari kekuatan tinggi, lembaran komposit terikat pada busa ringan atau inti. *Sandwich structure* memiliki kelenturan yang sangat tinggi, rasio kekakuan yang juga tinggi dan secara luas digunakan dalam struktur *aerospace*. Fleksibilitas desain yang ditawarkan dan konfigurasi komposit lainnya jelas cukup menarik.



Gambar 2.5. *Sandwich Structure Composite* (Gibson, 1994).

2.2.3. Faktor – faktor yang Memengaruhi Kinerja Komposit

Faktor yang memengaruhi kinerja komposit berdasarkan faktor penguat penyusun maupun matriknya, antara lain:

a. Faktor Serat

Serat adalah suatu bahan pengisi matrik yang digunakan dalam memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya. Serat juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi.

b. Letak Serat

Penentu kekuatan mekanik komposit terletak pada letak dan arah serat dalam matrik yang akan memengaruhi kinerja suatu komposit.

c. Panjang Serat

Serat pada pembuatan komposit serat matrik sangat berpengaruh terhadap kekuatan komposit tersebut. Penggunaan serat dalam campuran komposit, terdiri dari dua jenis yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat yang panjang lebih kuat dibanding serat yang pendek. Serat alam jika dibanding serat sintetis mempunyai panjang dan diameter yang tidak seragam pada setiap jenisnya. Oleh karena itu, panjang dan diameter serat sangat berpengaruh pada kekuatan maupun modulus komposit. Panjang serat berbanding diameter serat sering disebut dengan istilah *aspect ratio*. Serat panjang (*continous fiber*) lebih efisien dalam peletakannya daripada serat pendek. Akan tetapi, serat pendek lebih mudah peletakannya dibanding serat panjang. Panjang serat mempengaruhi kemampuan proses dari komposit serat.

d. Faktor Matrik

Fungsi matrik dalam komposit adalah pengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari kerusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik sehingga matrik dan serat saling berhubungan.

e. Katalis

Katalis digunakan untuk membantu proses pengeringan (*curing*) pada bahan matrik suatu komposit. Penggunaan katalis yang berlebihan akan semakin mempercepat proses laju pengeringan tetapi akan menyebabkan bahan komposit yang dihasilkan semakin getas.

2.2.4. Kekurangan dan Kelebihan Komponen Material Komposit

Komponen material komposit mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan berbeda dibandingkan dengan komponen material logam, kekurangan dan kelebihan komponen dapat di lihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1. Keuntungan dan Kerugian dari Komposit (Robert L. Mott.,2004).

No	Keuntungan	No	Kerugian
1.	Berat Berkurang	1.	Biaya bertambah untuk bahan baku dan fabrikasi
2.	Rasio antara kekuatan atau rasio kekakuan dengan berat tinggi	2.	Sifat-sifat bidang melintang
3.	Sifat-sifat yang mampu beradaptasi, kekuatan atau kekakuan dapat beradaptasi terhadap pengaturan beban.	3.	Kekerasan rendah
4.	Lebih tahan korosi	4.	Matrik dapat menimbulkan degradasi lingkungan
5.	Kehilangan sebagian sifat dasar material	5.	Sulit dalam mengikat
6.	Ongkos manufaktur rendah	6.	
7.	Konduktivitas termal atau konduktivitas listrik meningkat atau menurun	7.	Analisa sifat-sifat fisik dan mekanik untuk efisiensi damping tidak mencapai consensus.

2.3. Serat

Tabel 2.2. Klasifikasi Serat (Surdia, 1992).

No	Serat	Jenis
1	Serat buatan	Serat regenerasi
		Serat sintetis
		Serat anorganik
2	Serat alam	Serat tumbuhan
		Serat binatang
		Serat galian atau asbes

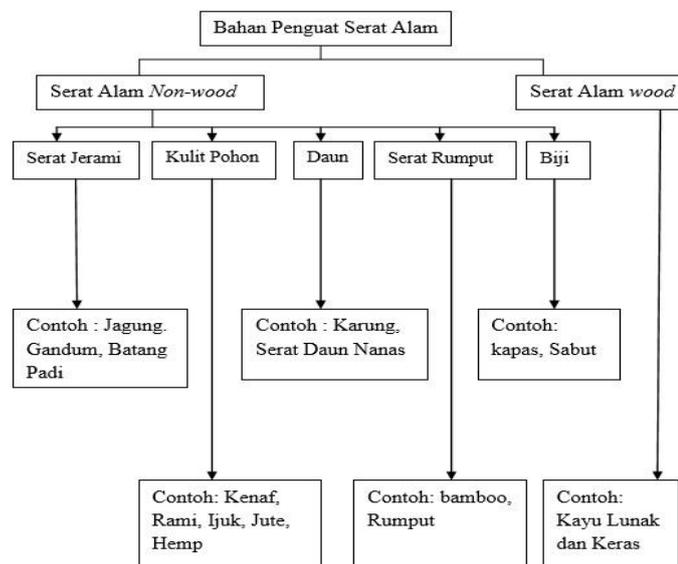
Serat alam adalah serat yang banyak diperoleh dari alam yang berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti bambu, kelapa, ijuk dan lain-lain. Serat pisang, serat wol, serat nanas, serat rami, serat ijuk dan serabut kelapa merupakan contoh serat alam yang sering digunakan, sedangkan serat sintetis yang sering digunakan antara lain serat nilon, serat gelas dan serat armaid (*Kevlar*).

2.3.1. Serat Alam

Serat alam merupakan serat yang diperoleh dari alam (bukan buatan ataupun rekayasa manusia). Serat alam biasanya di dapat dari serat tumbuhan, salah satunya pohon aren, baik ijuk atau daunnya. Serat alam juga ada yang berasal dari binatang, diantaranya sutera, dan *wool*.

Penelitian pada penggunaan serat alam berkembang sangat pesat dewasa ini, hal ini dikarenakan serat alam banyak memiliki keunggulan dibandingkan dengan serat buatan (rekayasa). Keunggulan dari serat alam adalah beban lebih ringan, bahan mudah didapat, harga relatif murah dan ramah lingkungan. Penggunaan serat alam sudah merambah berbagai bidang kehidupan manusia, layaknya serat buatan. Serat alam juga mampu digunakan sebagai modifikasi dengan serat buatan.

Sektor otomotif di Indonesia juga sangat berkembang dalam penggunaan serat alam sebagai bahan tambahan pada pembuatan interior kendaraan bermotor maupun kebutuhan yang lain. Persaingan dunia otomotif sangat bersaing satu dengan lainnya dalam memodifikasi bahan baku pada saat pembuatan kendaraan bermotor.



Gambar 2.6. Klasifikasi Jenis Serat Alam (Loan, 2006).

Kelebihan dari serat alam antara lain:

- a. Bahan bakunya terbarukan

- b. Massa jenisnya rendah
- c. Tidak abrasif
- d. Tidak sensitif terhadap retakan
- e. Tidak menyebabkan iritasi pada kulit
- f. Limbah mudah terurai di alam
- g. Merupakan konduktifitas kalor yang baik

Kekurangan dari serat alam antara lain:

- a. Sifat mekanisnya relatif rendah dibandingkan dengan serat sintetis
- b. Laju penyerapan uap airnya relatif tinggi
- c. Tidak tahan terhadap suhu tinggi
- d. Walau dari satu jenis namun sifat – sifatnya sangat bervariasi

Tabel 2.3. Kadar Air (%) dan Massa Jenis (kg/m^3) Serat Alam Pada Cuaca Normal.

Jenis Serat Alam	Kadar Air	Massa Jenis	Jenis Serat Alam	Kadar Air	Massa Jenis
Pelepah Aren	12,09	810	Ijuk	12,8	1030
Daun Kurma	10,67	990	Sabut Kelapa	11,36	1150
Pelepah Kurma	9,55	960	Batang Pisang	10,71	1350
Bambu (Sisi Luar)	9,16	910	Sisal	9,76	1450
Bambu (Sisi Dalam)	10,14	890			

Sumber: (Rao, 2007)

Serat alam telah menunjukkan keunggulannya dalam beberapa tahun terakhir, keunggulan serat alam dibandingkan dengan serat sintetis adalah harganya murah, densitas rendah, mudah lepas, bahan terbarukan dan terbiodegradasi dan tidak berbahaya bagi kesehatan. Akibatnya, ada peningkatan upaya untuk mengeksplorasi serat alam baru dan penggunaan serat tanaman oleh sektor industri yang berbeda, seperti material komposit untuk aplikasi otomotif dan untuk menggantikan serat sintetis (Suryanto et al., 2014a).

2.4. Serat Ijuk

Serat ijuk ramah lingkungan serta harganya murah jika dibandingkan dengan serat sintetis, hal itu dikarenakan mampu terdegradasi secara alami serta melimpahnya alam Indonesia contohnya pohon aren. Sedangkan serat sintetis sukar terdegradasi secara alami, selain itu serat gelas menghasilkan gas CO yang berbahaya bagi kesehatan jika serat gelas didaur ulang sehingga perlu adanya bahan alternatif pengganti serat gelas (Mangare,2015).

Mangare (2015), serat ijuk merupakan serat alam yang paling istimewa dibandingkan serta alam lainnya. Serat berwarna hitam yang dihasilkan dari pohon aren memiliki banyak keistimewaan diantaranya: (1) Tahan lama hingga ratusan bahkan ribuan tahun lebih. (2) Tahan terhadap asam dan garam air laut. Contoh salah satu bentuk pengolahan dari serat ijuk adalah tali ijuk yang telah digunakan oleh nenek moyang kita untuk pengikat berbagai peralatan nelayan di laut. (3) Mencegah penembusan rayap tanah

Widodo (2007), serat ijuk dari pohon aren sering digunakan sebagai bahan pembungkus pangkal kayu-kayu bangunan yang ditanam dalam tanah untuk memperlambat pelapukan kayu dan mencegah serangan rayap.



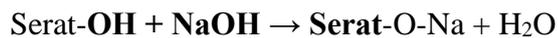
Gambar 2.7. (a). Serat Ijuk (<http://produkijuk.blogspot.co.id>); (b). Pohon Aren (www.tamantropis.com).

2.4.1. Perlakuan Alkali pada Serat Ijuk

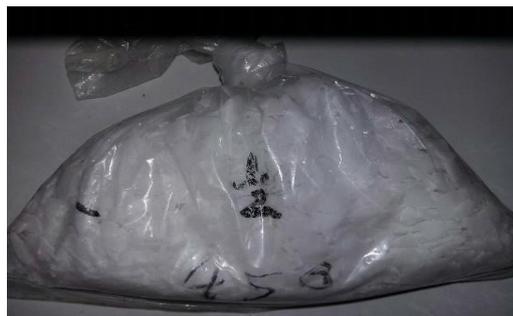
Hartanto (2009), serat memiliki sifat alami yaitu *hydrophilic*, artinya sukar terhadap air. Sedangkan polimer bersifat *hidrophobic*. Penelitian tentang pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam selulosa menunjukkan bahwa kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *hydrophilic* serat dapat memberikan ikatan *interfacial* dengan matrik secara optimal.

Perlakuan alkali terhadap serat dilakukan untuk memisahkan lignin dan kontaminan yang terkandung di dalam serat, sehingga didapat serat lebih bersih. Reaksi dari perlakuan alkali terhadap serat yaitu:

Reaksi antara serat dengan NaOH ialah :



Perlakuan NaOH ini bertujuan untuk melarutkan lapisan yang menyerupai lilin di permukaan serat, lignin dan kotoran lainnya. Dengan hilangnya lapisan lilin ini maka ikatan antara serat dan matrik menjadi lebih kuat, sehingga kekuatan tarik tekan komposit menjadi lebih tinggi. Namun demikian, perlakuan NaOH yang lebih lama dapat menyebabkan kerusakan pada unsur selulosa. Padahal, selulosa itu sendiri sebagai unsur utama pendukung kekuatan serat.

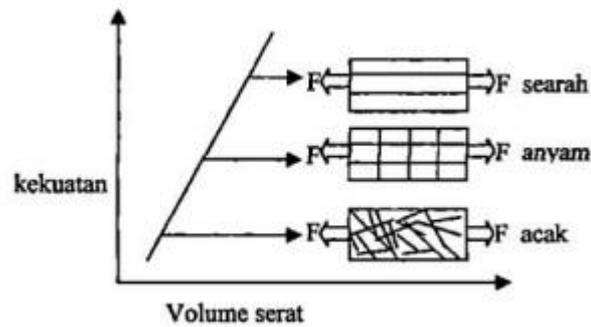


Gambar 2.8. Alkali NaOH.

2.5. Serat Gelas

Serat secara umum memiliki dua jenis serat yaitu serat sintetis dan serat alam. Serat sintetis adalah serat yang terbuat dari bahan – bahan organik dengan

komposisi kimia tertentu. Serat sintetis memiliki beberapa kelebihan di antaranya sifat dan ukurannya relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama di sepanjang serat. Serat sintetis yang telah banyak digunakan salah satunya adalah serat gelas (Jones, 1975).



Gambar 2.9. Grafik Hubungan antara Kekuatan dan Susunan Serat (Gibson, 1994).

Berdasarkan bentuknya serat gelas dapat di bedakan menjadi beberapa macam antara lain :

- a. *Roving*, yaitu berupa benang panjang yang di gulung silinder.



Gambar 2.10. Serat Gelas *Roving* (Sudarman, 2014).

- b. *Yarn*, yaitu berupa bentuk benang yang melekat di hubungkan pada filamen.



Gambar 2.11. Serat Gelas *Yarn* (Sudarman, 2014).

c. *Chopped strand* merupakan *strand* yang di potong – potong dengan ukuran tertentu kemudian di gabung menjadi satu ikatan.



Gambar 2.12. Serat Gelas *Chopped Strand* (Sudarman, 2014).

d. *Woven fabric* yaitu berupa serat yang di anyam seperti kain tenun.



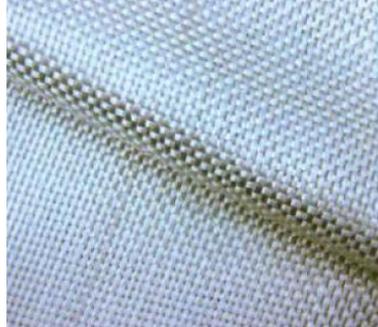
Gambar 2.13. Serat Gelas *Woven Fabric* (Sudarman, 2014).

e. *Reinforcing Mat* yaitu berupa lembaran *chopped strand* dan *continuous strand* yang tersusun secara acak.



Gambar 2.14. Serat Gelas *Reinforcing Mat* (Sudarman, 2014).

f. *Woven roving* yaitu berupa serat – serat panjang yang di anyam dan di gulung pada silinder seperti tenun.



Gambar 2.15. Serat Gelas *Woven Roving* (Sudarman, 2014).

Fiber glass berdasarkan jenisnya dapat dibedakan menjadi beberapa macam antara lain:

a. Serat *E-Glass*

Serat *E-glass* merupakan salah satu jenis serat yang dikembangkan sebagai penyekat atau bahan isolasi. Jenis ini memiliki kemampuan bentuk yang baik.

b. Serat *C-Glass*

Serat *C-glass* merupakan jenis serat yang memiliki ketahanan yang tinggi terhadap korosi.

c. Serat *S-Glass*

Serat *S-glass* adalah jenis serat yang memiliki kekakuan yang tinggi.

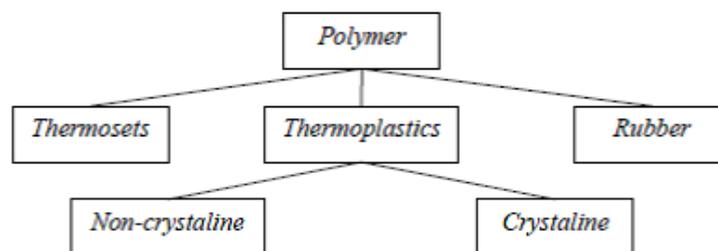
Tabel 2.4. Sifat – Sifat dari Jenis-Jenis Serat Gelas (Nayiroh, 2013).

No	Jenis Serat		
	<i>E-glass</i>	<i>C-glass</i>	<i>S-glass</i>
1	Isolator listrik yang baik	Tahan terhadap korosi	Modulus lebih tinggi
2	Kekuatan tinggi	Kekuatan lebih rendah dari E-glass	Lebih tahan dari suhu tinggi
3	Kekuatan tinggi	Harga lebih mahal dari E-glass	Harga lebih mahal dari E-glass

2.6. Polimer sebagai matrik

Polimer terdiri dari dua kata, berasal dari bahasa Yunani yaitu *poly* dan *meros*. *Poly* adalah banyak sedangkan *meros* adalah bagian atau unit. Polimer adalah senyawa besar yang terbentuk dari hasil penggabungan sejumlah unit-unit molekul yang kecil.

Matrik adalah bahan yang digunakan untuk menyatukan atau mengikat serat tanpa bereaksi secara kimia dengan serat. Syarat utama yang harus dimiliki oleh bahan matrik adalah bahan matrik tersebut harus dapat meneruskan beban, sehingga serat harus bisa melekat pada matrik dan kompatibel antara serat dan matrik (Surbakti, 2012).



Gambar 2.16. Jenis-Jenis polimer.

1. Termoset

Termoset atau polimer termoseting adalah polimer yang memiliki sifat tahan terhadap panas. Apabila polimer ini dipanaskan, maka tidak dapat meleleh, sehingga tidak dapat dibentuk ulang. Susunan polimer termoseting bersifat permanen pada bentuk cetak pertama kali (pada saat pembuatan). Contoh dari termoset adalah epoksida, poli-imida (PI), bismaleimida (BMI), *polyester*.

2. Termoplastik

Polimer termoplastik adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan didinginkan akan mengeras. Contoh dari termoplastik adalah nylon 66.

2.6.1. Resin Polyester

Emma (1992), resin *polyester* sebelum dicampur dengan zat pengeras/katalis, akan tetap dalam keadaan cair dan akan mengeras setelah pencampuran dengan katalis setelah beberapa menit, sesuai dengan jenis dan banyaknya katalis yang digunakan dalam pencampuran seperti ditunjukkan pada tabel 2.7. Semakin banyak penggunaan katalis maka waktu pengerasan cairan matrik (*curing time*) akan semakin cepat. Akan tetapi apabila kita mengikuti aturan berdasarkan standar 1% maka hal tersebut akan menyebabkan *curing time* menjadi sangat cepat, sehingga dapat merusak produk komposit yang dibuat. Hal ini dikarenakan temperatur ruangan pada saat pembuatan produk komposit tidak terkontrol dengan baik.

Tabel 2.5. Spesifikasi Resin *Polyester* BQTN 108 (www.frpservice.com).

Sifat	Hasil	Metode Pengujian
Absorpsi Air (<i>Water Absorption</i>) selama 7 hari	0,35%	ISO-6219-80
<i>Barcol Hardness</i>	48 BHC	ASTM D2583-67
Temperatur <i>heat Distortion</i>	67,3°C	ASTM D648-72
Regangan Patah (<i>Elongation at Break</i>)	3,20%	ASTM D638-72
Massa jenis Resin cair pada 25°C	1,21 gr/cm ³	ASTM D147
Penyusutan Volume pada saat <i>Cure</i>	9%	Massa Jenis (<i>Spesific Grafity</i>)
<i>Velotile Content</i>	40 - 43%	ASTM D3030
Kekuatan Lentur (<i>Flexural Strenght</i>)	82,4 MPa	ASTM 790
Modulus Lentur (<i>Flexural Modulus</i>)	5257,3 MPa	ASTM 790
<i>Tensile Strenght</i>	29,4 MPa	ASTM D638

Sumber : Singapore Highpolymer Chemical Product Pte Ltd.



Gambar 2.17. Polyester dan Katalis.

Proses pengeringan material pengikat dari keadaan cair menjadi padat disebut *Curing*. *Curing* ini terjadi melalui reaksi kopolimerisasi radikal antara molekul

jenis *vinil* yang membentuk hubungan silang melalui bagian tak jenuh dari poliester. Reaksi ini timbul karena dipicu oleh katalis yang ada, yang mulai diaktifkan oleh sejumlah kecil akselerator.

Unsaturated Polyester (UP) merupakan jenis resin *thermoset*. Resin UP memiliki sifat encer dan fluiditasnya baik sehingga dapat diaplikasikan mulai dari proses *hand lay up* yang sederhana sampai dengan proses yang kompleks. Banyaknya penggunaan resin ini didasarkan pada pertimbangan harga relatif murah, *curing* cepat, warna jernih, dan mudah penanganannya. Katalis yang sering digunakan sebagai media untuk mempercepat pengerasan cairan resin (*curing*) adalah katalis *metyl ethyl keton peroksida* (MEKPO). Kadar penggunaan katalis MEKPO adalah 5% pada suhu kamar (Tamba, 2011).

2.6.2. Katalis

Katalis digunakan untuk membantu proses pengeringan matrik sehingga matrik dapat berikatan dengan serat dalam komposit. Waktu yang dibutuhkan matrik untuk berubah menjadi plastik tergantung pada jumlah katalis yang dicampurkan. Semakin banyak katalis yang ditambahkan pada matrik maka makin cepat proses *curingnya*, tetapi apabila kelebihan katalis material yang dihasilkan akan getas atau matrik bisa terbakar. Penambahan katalis yang baik yaitu 1% dari volume matrik. Bila terjadi reaksi akan timbul panas antara 60°C – 90°C. Panas ini cukup untuk mereaksikan matrik sehingga diperoleh kekuatan dan bentuk plastik yang maksimal sesuai dengan bentuk cetakan yang diinginkan. Penelitian ini menggunakan katalis *metil ethyl katon peroxide* (MEKPO) yang berbentuk cair dan bewarna bening.

Tabel 2.6. Hubungan persentase katalis dengan *potlife* pada *polyester* BQTN 157 (Emma, 1992).

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

2.7. Karakteristik Material Komposit

Karakteristik material komposit adalah perbandingan antara matrik dengan serat. Sebelum melakukan proses pencetakan komposit, terlebih dahulu dilakukan perhitungan perbandingan keduanya. Dalam menentukan perbandingan antara komponen matrik dengan serat (pengisi) material komposit ini biasanya dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu :

a. Metode fraksi volume

Metode ini digunakan apabila berat antara komponen matrik dan penguat (serat) material komposit jauh berbeda. Fraksi volume dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

1. Massa komposit

Massa komposit dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$m_c = m_f + m_m \dots\dots\dots(2.1)$$

2. Massa jenis komposit

$$\rho_c = \frac{m_c}{v_c} \dots\dots\dots(2.2)$$

3. Massa serat

$$m_{f_{tot}} = v_c \cdot V_{f_{tot}} \cdot \rho_f \dots\dots\dots(2.3)$$

4. Massa matrik

$$\begin{aligned} m_m &= v_c \cdot V_m \cdot \rho_m \\ &= v_c \cdot (1 - V_{f_{tot}}) \cdot \rho_m \dots\dots\dots(2.4) \end{aligned}$$

Dimana: m_c = massa komposit (g), $m_{f_{tot}}$ = massa serat (g), m_m = massa matrik (g), ρ_c = massa jenis komposit (g/cm³), v_c = volume komposit (cm³), $V_{f_{tot}}$ = fraksi volume serat (%), V_m = fraksi volume matrik, ρ_m = massa jenis matrik (g/cm³), ρ_f = massa jenis serat (g/cm³).

b. Metode fraksi massa

Metode ini digunakan jika massa komponen matrik dan pengisi material komposit tidak jauh berbeda atau serat yang dipakai cukup berat. Untuk menghitung perbandingan massa digunakan persamaan sebagai berikut :

1. Fraksi massa serat

$$W_f = \frac{m_f}{m_c} \dots\dots\dots(2.5a)$$

Dimana W_f = fraksi massa serat (%), m_f = massa serat (gr), m_c = massa komposit (gr).

2. Fraksi volume serat

$$V_{f_{total}} = \frac{v_{f_{total}}}{v_c} \dots\dots\dots(2.5b)$$

Dimana $V_{f_{total}}$ = fraksi volume serat (%), $v_{f_{total}}$ = volume serat total (cm³), v_c = volume komposit (cm³).

2.7.1. Uji Impak

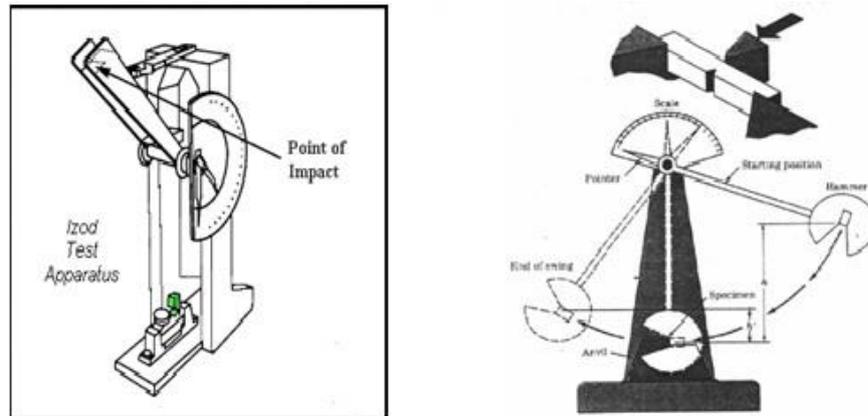
Secara umum metode pengujian impak terdiri dari dua jenis yaitu:

1. Metode *Charpy*

Pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal/mendatar, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan.

2. Metode *Izod*

Perngujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi dan arah pembebanan searah dengan arah takikan.



Gambar 2.18. Alat Uji Impak.

Pada pengujian impak *izod* berdasarkan ASTM D256 bisa didapatkan nilai-nilai sebagai berikut :

a) Energi Impak

$$E_{impak} = m \cdot g \cdot R [(\cos\beta - \cos\alpha)] \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

E_{impak}	= Energi yang terserap untuk mematahkan spesimen
m	= Massa pendulum (kg)
R	= Panjang lengan pendulum (m)
β	= Sudut pantul pendulum ($^{\circ}$)
α	= Sudut ayun pendulum ($^{\circ}$)
g	= Gravitasi

b) Ketangguhan Impak

$$\sigma_{impak} = \frac{E_{patah}}{A} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

σ_{impak}	= Ketangguhan impak J/mm^2
E_{patah}	= Energi serap (J)
A	= Luas penampang (mm^2)

2.7.2. Uji Tekan

Qolik (1991), mengenai fungsi pengujian tarik adalah (1) untuk mengetahui sifat mekanis dari suatu logam terhadap tarikan dimana sifat mekanis tersebut antara lain mengetahui titik luluh, titik Tarik maksimum, titik putus, dan karakter bahan (ulet, getas), terutama untuk keperluan perencanaan konstruksi maupun pengerjaan logam tersebut, (2) untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan, dan (3) sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan.

Kekuatan tekan dan kekuatan tarik sebenarnya hampir sama, sehingga fungsinya hampir sama. Pada beberapa bahan uji yang dibuat sesuai panjang, spesimen akan melengkung jika diuji menggunakan pengujian tekan. Namun pengujian tekan ini masih diperlukan karena ada beberapa bahan yang memiliki perbedaan sehingga bahan tersebut berbeda pula sifat bahan dalam menerima pengujian tekan. Umumnya, pengujian tekan ini dilakukakan pada logam yang bersifat getas , karena bahan uji yang demikian memiliki titik hancur yang terlihat jelas saat dilakukan pengujian tekan. (Cahyaningtyas, 2016).

Pada pengujian tekan berdasarkan ASTM D 3410 bisa didapatkan nilai-nilai sebagai berikut:

a) *Compressive strength* (kekuatan tekan)

Untuk mendapatkan nilai kekuatan tekan menggunakan persamaan:

$$\sigma_c = P/A \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

σ_c =Kekuatan tekan (MPa)

P = Gaya pembebanan max (N)

A = Luas area (mm²)

Kekuatan tarik tekan yang digunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik tekan yang diperoleh dengan membagi beban maksimum dengan luas awal pennampang melintang benda uji.

b) *Compressive Strain* (Regangan Tekan)

Untuk mendapatkan nilai kekuatan tekan menggunakan persamaan:

$$\varepsilon = \Delta L / L_0 \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

ε = Regangan Tekan

ΔL = Perubahan panjang

L_0 = Panjang awal

Regangan yang digunakan untuk kurva dengan tegangan regangan rekayasa adalah regangan rata-rata yang diperoleh dengan membagi perpanjangan spesimen dengan panjang awalnya.

c) *Compressive Modulus of Elasticity* (Modulus Elastisitas)

Untuk mendapatkan nilai kekuatan tekan menggunakan persamaan:

$$E^c = \Delta\sigma / \Delta\varepsilon = \frac{F_2 - F_1}{\frac{A}{L_2 - L_1}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

E^c = Modulus Elastisitas F_2, F_1 = Force l_0 = Panjang awal

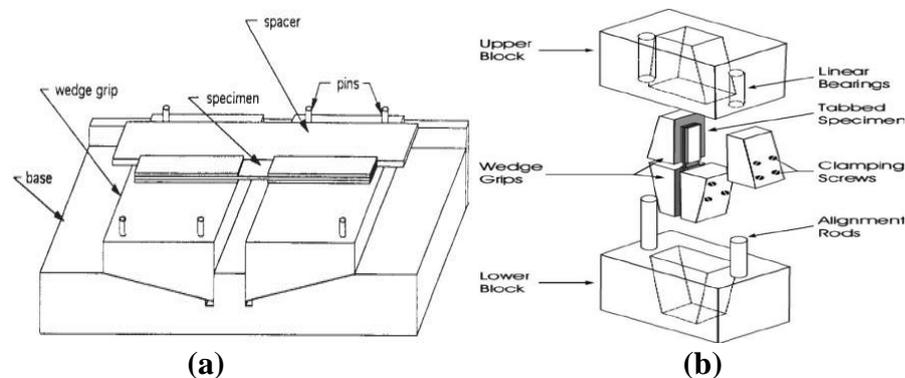
$\Delta\sigma$ = Perubahan Kekuatan tekan A = Luas Area

$\Delta\varepsilon$ = Perubahan Regangan L_2, L_1 = Travel

Modulus elastisitas adalah ketahanan deformasi elastis material ketika diberi beban tertentu. Modulus elastisitas diperoleh dari membagi perubahan tegangan dengan perubahan regangan.

Dalam pengujian tekan material komposit salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi kegagalan pada pengujian tekan mengacu pada ASTM D-3410, metode ini mempunyai bentuk spesimen yang relatif pendek. Sebagaimana pada pengujian tarik, luasan permukaan kedua ujung yang dijepit harus mencukupi untuk mentransfer gaya tekan melalui proses pembebanan gesar. Disamping itu, kedua permukaan kontak tersebut juga diberi tab seperti pada spesimen uji tarik. Dengan demikian, terjadinya kegagalan pada mulut permukaan rahang jepit dapat dihindari. Panjang ukurnya sangat ditentukan oleh jaminan bahwa spesimen benar-benar mengalami pembebanan tekan bukan tekuk, sehingga sangat tergantung pada ukuran tebal spesimennya. Dalam ASTM D-3410 dikenal

dua model penjepitan spesimen, yakni model *Celanese* dan model IITRI (*Illinois Institute of Technology Research Institute*) yang dikembangkan oleh dua badan pengujian yang berbeda. Pada pengujian tekan model IITRI spesimen uji yang identik dengan model penjepit dan *Strain gage* dipasang pada spesimen, yaitu dimuat di antara potongan bergerigi yang dibatasi oleh basis baja padat. Untuk letak model penjepit *Celanese* pada ASTM D-3410 letak geometri spesimen dan alignment jig spesimen di tunjukkan pada gambar 2.19. Dari pengujian tekan dapat diperoleh data tentang kuat tekan, modulus elastisitas *Young* dan angka perbandingan *Poisson*.



Gambar 2.19. (a).Alignment Jig untuk Spesimen; (b). Modifikasi Grip untuk Uji Kompresi IITRI (Stab 1997).

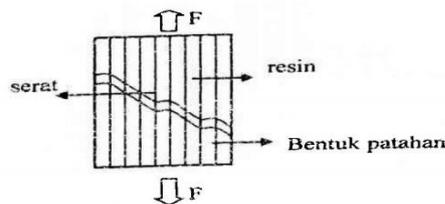
2.8. Karakteristik Patahan Pada Material Komposit

Patah didefinisikan sebagai pemisahan sebuah bahan menjadi dua atau lebih potongan sebagai respon dari tegangan statis yang berkerja dan pada temperatur yang relatif rendah terhadap temperatur cairnya. Dua model patah yang mungkin terjadi pada bahan teknik adalah patah liat (*ductile fracture*) dan patah getas (*brittle fracture*). Klasifikasi ini didasarkan pada kemampuan bahan mengalami deformasi plastik. Bahan liat (*ductile*) memperlihatkan deformasi plastik dengan menyerap energi yang besar sebelum patah. Sebaliknya, patah getas hanya memperlihatkan deformasi palstik yang kecil atau bahkan tidak ada. Setiap proses perpatahan meliputi dua tahap yaitu pembentukan dan perambatan sebagai respon terhadap tegangan yang diterapkan. Jenis perpatahan sangat tergantung pada mekanisme perambatan retak.

Patahan material komposit dapat disebabkan oleh deformasi ganda, antara lain disebabkan oleh kondisi pembebanan serat struktur mikro komponen pembentuk komposit, yang dimaksud struktur mikro yaitu : diameter serat, fraksi volume serat dan distribusi serat. Kemungkinan lainnya adalah patahnya serat selama proses pembuatan, yang diakibatkan tegangan termal dan tegangan sisa. Jenis model patah material komposit antara lain adalah sebagai berikut:

2.8.1. Patah banyak

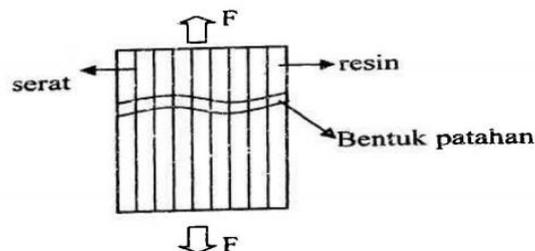
Chawla (1987), ketika jumlah serat yang putus akibat beban tarik masih sedikit dan kekuatan *interface* masih baik, resin mampu mendukung beban yang diterima dengan mendistribusikan beban tersebut ke sekitarnya. Apabila resin mampu menahan gaya geser dan meneruskan beban ke serat yang lain maka jumlah serat yang putus semakin banyak. Patahan terjadi lebih dari satu bidang.



Gambar 2.20. Patah Banyak (Schwartz, 1984).

2.8.2. Patah tunggal

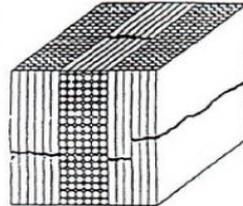
Menurut Chawla (1987), patah yang disebabkan ketika serat putus akibat beban tarik, resin tidak mampu menerima lagi beban tambahan. Patah terjadi satu bidang kontak.



Gambar 2.21. Patah Tunggal (Schwartz, 1984).

2.8.3. Delaminasi

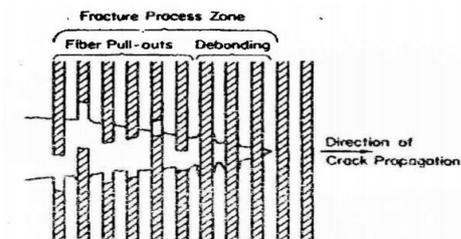
Delaminasi (*interlaminar*) adalah perpatahan yang terjadi akibat terlepasnya ikatan serat antar lapisan penguat.



Gambar 2.22. Delaminasi (Schwartz, 1984).

2.8.4. *Fiber pull out*

Fiber pull out adalah tercabutnya serat dari resin yang disebabkan ketika resin retak akibat beban tarik, kemampuan untuk menahan beban akan segera berkurang. Namun, komposit masih mampu menahan beban walau beban yang ditahan relatif kecil dari beban maksimal. Saat resin retak, beban akan ditransfer dari resin ke serat di tempat persinggungan retak. Kemampuan untuk mendukung beban berasal dari serat. Seiring dengan bertambahnya deformasi, serat akan tercabut dari resin (akibat *debonding* dan patahnya serat).



Gambar 2.23. Fiber Pull Out (Schwartz, 1984).