

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. TINJAUAN PUSTAKA

Riko (2011), melakukan penelitian tentang pengujian impak *izod* sesuai dengan ASTM D-5941 dengan bahasan utamanya yang di arahkan untuk mengetahui harga ketangguhan impak pada material komposit serat enceng gondok anyam / poliester, pada fraksi volume serat 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%. Perlakuan alkali (NaOH) yang diberikan pada serat adalah 5% selama 2 jam. Pembuatan komposit dilakukan dengan pencetakan metode *hand lay up* menggunakan kaca sebagai cetaknya, diperoleh energi terserap tertinggi rata-rata dengan fraksi volume serat 40% yaitu sebesar 1,8 J. Nilai maksimum rata-rata ketangguhan impak material komposit serat eceng gondok-poliester terjadi pada fraksi volume 40% yaitu sebesar 0.038 J/mm<sup>2</sup>.

Nasmi (2011) melakukan penelitian dengan pengujian impak dengan pengaruh panjang serat 2cm, 4cm, dan 4cm dengan fraksi volume 5%, 10%, dan 15% dengan material komposit serat sabut kelapa bermatrik polyester dengan ASTM D265. Kekuatan impak tertinggi didapat serat kelapa dengan panjang serat 6 cm dengan fraksi volume 10% sebesar 4087,5 KJ/mm<sup>2</sup>. Kekuatan impak terendah didapat serat kelapa dengan panjang serat 4 cm dengan fraksi volume 10% sebesar 2452,5 KJ/mm<sup>2</sup>.

Budi dkk, (2011) melakukan penelitian pengujian tarik material komposit serat tebu susunan serat undireksional bermatrik polyester dengan ASTM D-3379 dan fraksi volume 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%. Perlakuan alkali (NaOH) yang diberikan pada serat adalah 5% selama 2 jam. Menunjukkan dengan bertambahnya bahwa dengan bertambahnya fraksi volume mengakibatkan penurunan kekuatan tarik dan regangan tarik namun meningkatkan modulus elastisitasnya. Kekuatan tarik yang tertinggi terdapat pada  $V_f = 0\%$  sebesar 32.19 MPa dan terendah pada  $V_f = 40\%$  sebesar 18.52 MPa. Regangan tarik mengalami penurunan dengan nilai tertinggi pada  $V_f = 0\%$  sebesar 9.11% pada  $V_f = 40\%$  sebesar 4.31% Modulus elastisitas mengalami kenaikan dengan harga terendah

pada  $V_f = 0\%$  yaitu 356,60 MPa dan tertinggi pada  $V_f = 40\%$  sebesar 485,60 MPa. Hasil pengamatan patahan menunjukkan patah tunggal pada fraksi volumen 0%, 10%, 20% dan 40%, sedangkan pada fraksi volume 30% terjadi patah banyak.

Slamet (2011) melakukan penelitian pengujian tarik material komposit sabut kelapa susunan serat undireksional bermatrik polyester dengan ASTM D-3069 dan fraksi volume 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%. Perlakuan alkali (NaOH) yang diberikan pada serat adalah 5% selama 2 jam. Menunjukkan dengan bertambahnya fraksi volume serat meningkatkan kekuatan tarik dan regangan tarik namun menurunkan modulus elastisitasnya. Kekuatan tarik yang tertinggi terdapat pada  $V_f = 40.5\%$  sebesar 30.01 Mpa dan terendah pada  $V_f = 10.7\%$  sebesar 18.52 MPa. Regangan tarik mengalami kenaikan dengan nilai tertinggi pada  $V_f = 40.5\%$  sebesar 0.0270 mm/mm dan terendah pada  $V_f = 10.7\%$  sebesar 0.0172 mm/mm. Modulus elastisitas mengalami penurunan dengan harga terendah pada  $V_f = 10.7\%$  yaitu 1.22 GPa dan tertinggi pada  $V_f = 0\%$  sebesar 1.58 GPa. Hasil pengamatan dengan foto mikro dan makro didapat kegagalan pada  $V_f = 0\%$  terjadi patah banyak pada pada fraksi volumenya 10.7%, 17.6%, dan 27.4% dan terjadi patah tunggal diikuti fiber pull-out 40.5%.

Ditinjau dari beberapa penelitian yang telah dilakukan diatas, maka secara umum dapat disimpulkan bahwa ketangguhan impak suatu material komposit dipengaruhi oleh adanya variasi volume serat ( $V_f$ ) dan orientasi serat, semakin tinggi fraksi  $V_f$  maka semakin tinggi pula ketangguhan impaknya hingga batas tertentu. Dengan perlakuan alkali 5% selama dua jam diperoleh kekuatan paling optimal. Sedangkan untuk perendaman perlakuan alkali lebih dari 5% selama dua jam dapat mengakibatkan ikatan pada *interface* antara serat dengan resin semakin kuat namun serat menjadi rapuh karena kemungkinan terjadi pengikisan dinding luar serat.

## 2.2 Komposit

### 2.2.1 Definisi Komposit

Material suatu struktur dapat dikelompokkan menjadi 4 dasar yaitu : logam, polimer, keramik, dan komposit. Komposit adalah kombinasi antara dua atau lebih dari tiga bahan yang berbeda yang tidak larut satu dengan yang lain dan memiliki sejumlah sifat yang tidak mungkin di miliki oleh masing-masing komponennya (Schwartz, 1984)

Menurut Gibson (1994) kata komposit (*composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. Composite ini berasal dari kata *to compose* berarti menyusun atau menggabung. Jadi, komposit dapat diartikan sebagai dua atau lebih bahan/material yang di kombinasikan menjadi satu, dalam skala makroskopik, sehingga menjadi satu kesatuan. Dengan kata lain, secara mikro, material komposit dapat dikatakan sebagai material yang heterogen. Sedangkan dalam makro, material tersebut di anggap homogen. Ada empat jenis komposit berdasarkan penguatnya yaitu: komposit laminat, komposit partikel, komposit serpihan, dan komposit serat.

Berdasarkan Manual Specification Standart (MSS), IPTN, tahun 1993, menyatakan bahwa terdapat tiga karakteristik yang khas yang di miliki oleh komposit yaitu :

- a. Isotropik: sifat material tidak tergantung pada arah sumbu koordinat, sehingga sifat material pada arah sumbu-x, sumbu-y, dan sumbu-z adalah sama. Termasuk dalam kelompok ini adalah logam pada umumnya, komposit partikel, komposit berserat pendek dengan arah dan distribusi serat secara acak/random.
- b. Ortotropik: sifat-sifat material pada dua sumbu yang paling tegak lurus sama, sedangkan pada arah satu sumbu lainnya berbeda. Misalnya komposit serat dengan arah serat tunggal (unidireksioanal), yang memiliki sifat istimewa pada arah memanjang serat dengan sifat pada sembarang arah dibidang tegak lurus sumbu memanjang serat adalah sama.

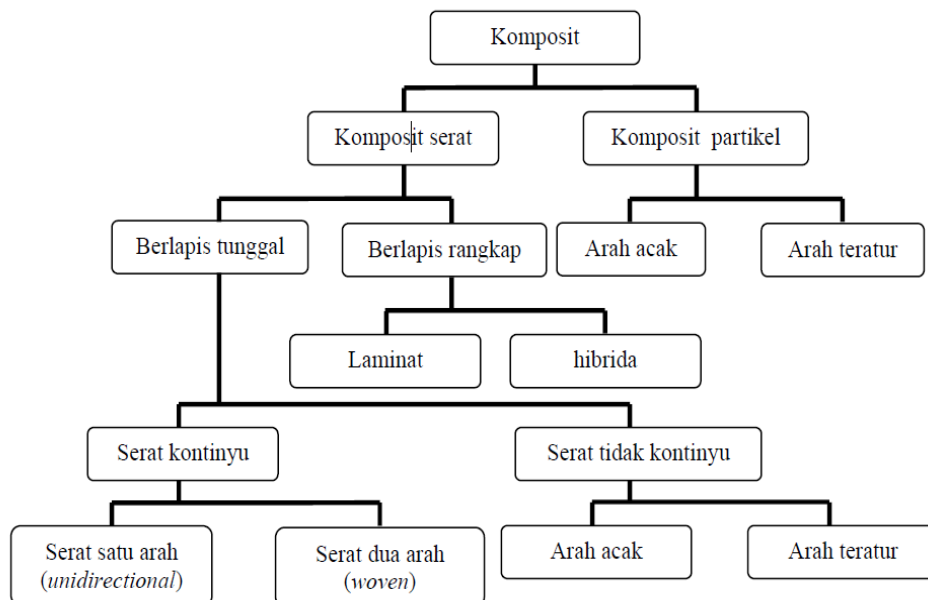
- c. Anistropik: Sifat material tergantung pada arah sumbu koordinat, atau sifat material yang berbeda pada setiap arah yang berbeda. Misalnya komposit laminat yang tersusun atas lamina-lamina dengan arah yang berbeda.

### 2.2.2 Klasifikasi Komposit

Menurut Jones (1975) secara garis besar komposit diklasifikasikan menjadi tiga macam yaitu : Komposit serat (*fibrous Composite*), komposit partikel (*particulate Composites*), komposit lapis (*Laminates Composites*).

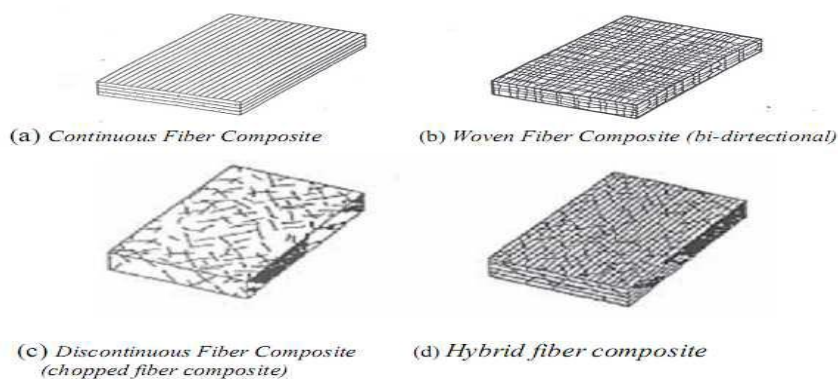
#### 1. Komposit Serat (*Fibrous Composite*)

Komposit serat ini merupakan jenis komposit yang paling banyak digunakan untuk struktur. Hal ini disebabkan karena serat serat lebih kuat daripada penguat partikel. Komposit serat terdiri dari serat sebagai bahan penguat dan matrik sebagai bahan pengikat, pengisi volume dan pelindung serat-serat untuk mendistribusikan gaya atau beban antara serat –serat. Kekuatan komposit serat di tentukan oleh aktifitas ikatan kimia atau ikatan mekaniknya. Ikatan yang kurang baik antara serat dan matrik dapat menyebabkan kegagalan (Schwartz, 1984)



**Gambar 2.1** Klasifikasi komposit serat yang umum dikenal (Agarwal dan Broutman, 1990).

Lamina adalah kumpulan beberapa serat satu arah *unidirectional* atau *woven* berbentuk pelat yang sudah dibenamkan dalam matriks. Sebuah lamina biasanya terlampau tipis untuk dipergunakan langsung dalam aplikasi *engineering*. Beberapa lamina dapat disatukan bersama-sama membentuk suatu struktur yang diberi nama laminat. Sifat serta orientasi lamina dalam suatu laminat yang dipilih untuk bisa memenuhi persyaratan desain. Sifat-sifat laminat ditentukan oleh sifat lamina penyusunnya. Contoh beberapa bentuk lamina dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2.** Komposit Serat (Gibson, 1994)

## 2. Komposit Partikel (*particulate Composites*)

Merupakan komposit yang menggunakan partikel serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriknya. Contoh komposit partikel dilihat pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.3.** Komposit Partikel (Gibson, 1994)

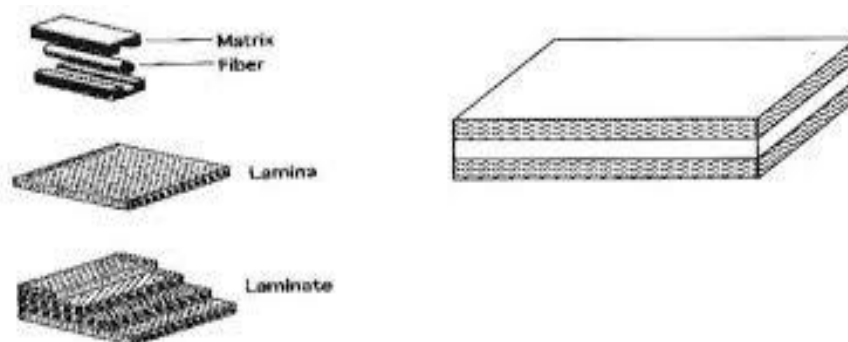
Komposit ini biasanya mempunyai bahan penguat yang dimensinya kurang lebih sama, seperti bulat serpih, balok, serta bentuk-bentuk lainnya yang memiliki sumbu hampir sama, yang kerap disebut partikel, dan bisa terbuat dari satu atau lebih material yang dibenamkan dalam suatu matrik

dengan material yang berbeda. Partikel biasanya logam atau non logam, seperti halnya matriks. Selain itu adapula polimer yang mengandung partikel yang hanya dimaksudkan untuk memperbesar volume material dan bukan untuk kepentingan sebagai bahan penguat (Jones, 1975)

### 3. Komposit Lapis (*laminates Composites*)

Merupakan jenis komposit terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.

Laminat merupakan pelat yang terdiri dari dua atau lebih lapisan lamina yang digabung bersama membentuk struktur integral. Laminat dibuat agar elemen struktur mampu menahan beban *multiaksial*, sesuatu yang tidak dapat dicapai dengan lapisan tunggal hanya kuat pada arah seratnya, tetapi sangat lemah pada arah tegak lurus arah seratnya. Oleh karena itu lapisan tunggal hanya cocok untuk beban *uniaksial*, sedangkan untuk menahan beban *multiaksial*, lapisan tersebut harus digabung dengan lapisan lain yang berbeda arah dengan lapisan yang pertama. Dalam hal ini lapisan dibentuk dari komposit serat dan disusun dalam berbagai orientasi serat. Komposit jenis ini biasanya digunakan untuk panel sayap pesawat dan badan pesawat (Jones, 1999). Dapat dilihat contoh komposit lapis pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4.** Komposit Lapis (Gibson, 1994)

#### 2.2.3 Aspek Geometri

Secara umum bahan komposit yang digunakan dapat diklasifikasikan berdasarkan geometri dan jenis seratnya. Karena sifat-sifat mekanik suatu bahan komposit tergantung pada geometri dan jenis seratnya. Selain itu penempatan serat juga harus mempertimbangkan aspek arah, distribusi serat atau fraksi

volumenya sehingga nantinya dapat dihasilkan material komposit yang berkekuatan tinggi.

Penggabungan antara matrik dan serat harus memperhatikan beberapa faktor yang mempengaruhi performa *Fiber Matrik Composite* antara lain :

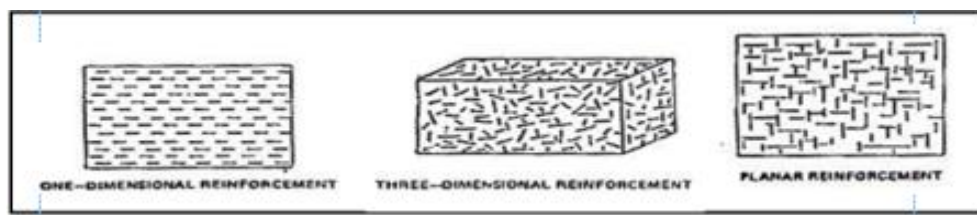
a. Faktor Serat

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

b. Letak Serat

Dalam pembuatan komposit tata letak dan arah serat dalam matrik yang akan menentukan kekuatan mekanik komposit, dimana letak dan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit tersebut. Menurut tata letak dan arah serat diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu:

- A. *One dimensional reinforcement*, mempunyai kekuatan dan modulus maksimum pada arah axis serat.
- B. *Two dimensional reinforcement* (planar), mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing-masing arah orientasi serat.
- C. *Three dimensional reinforcement*, mempunyai sifat *isotropic* kekuatannya lebih tinggi dibanding dengan dua tipe sebelumnya.



**Gambar 2.5.** Tiga tipe orientasi pada *reinforcement* (Schwartz, 1984)

Pada pencampuran dan arah serat mempunyai beberapa keunggulan, jika orientasi serat semakin acak (random) maka sifat mekanik pada satu arahnya akan melemah, bila arah tiap serat menyebar maka kekuatannya juga akan menyebar ke segala arah maka kekuatan akan meningkat.

c. Panjang Serat

Panjang serat dalam pembuatan komposit serat pada matrik sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Ada dua penggunaan serat dalam campuran komposit yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek. Serat alami jika dibandingkan dengan serat sintetis mempunyai panjang dan diameter yang tidak seragam pada setiap jenisnya. Oleh karena itu panjang dan diameter sangat berpengaruh pada kekuatan maupun modulus komposit.

Pada struktur *continus fiber yang ideal*, serat akan bebas tegangan atau mempunyai tegangan yang sama. Selama fabrikasi, beberapa serat akan menerima tegangan yang tinggi dan yang lain tidak terkena tegangan sehingga keadaan di atas tidak dapat tercapai (Schwartz, 1984).

d. Bentuk Serat

Bentuk serat yang digunakan untuk pembuatan komposit tidak begitu mempengaruhi kekuatannya, yang mempengaruhi adalah diameter serat. Pada umumnya, semakin kecil diameter serat maka akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi serta semakin kecil kemungkinan terjadinya ketidaksempurnaan pada material. Selain bentuknya kandungan seratnya juga mempengaruhinya kekuatan material komposit (Schwartz, 1984).

**Tabel 2.1.** Ukuran panjang dan diameter serat

Serat	Panjang (mm)	Diameter	Serat	Panjang (mm)	Diameter
Bambu	-	0,1-0,4	Flax	500	NA
Pisang	-	0,8-0,4	Jute	1800-3000	0,1-0,2
Sabut	50-350	0,1-0,4	Kenaf	30-750	-
sisal	-	0,5-2	---	---	---

Sumber: Syafisab (2010), *Building Material and Technology Promotion Council* (1998)

e. Fraksi Volume Serat ( $V_f$ )

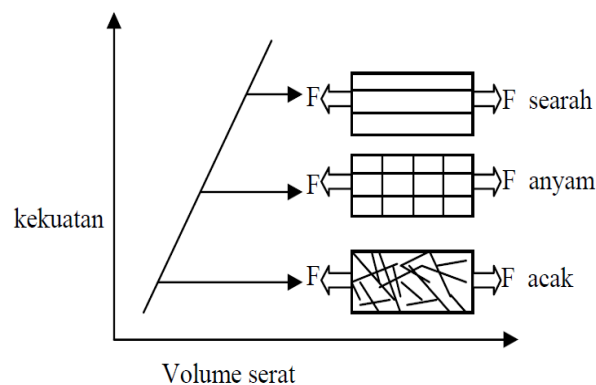


Fraksi volume merupakan kadar dari suatu material atau kandungan dalam suatu bahan. Pada umumnya, semakin besar fraksi  $V_f$  material penguat yang digunakan, akan memperbaiki sifat-sifat suatu material komposit. Untuk suatu lamina *unidirectional* dengan dengan serat kontinyu dan jarak antar serat yang sama, serta direkatkan secara baik oleh matrik (Gibson , 1994).

### 2.3 Material Pembentuk Komposit FRP (*fiber reinforced plastik*)

#### 2.3.1 Serat

Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu : serat sintetis dan serat alami. Serat sintetis adalah serat yang terbuat dari bahan-bahan organik dengan komposisi kimia tertentu. Serat sintetis mempunyai beberapa kelebihan yaitu : sifat dan ukuran yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama disepanjang serat. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain: serat gelas, serat karbon, serat optik, serat nylon dan lain-lainnya (Jones, 1975) . Gambar 2.6. dibawah menunjukkan bahwa semkin tinggi fraksi volume serat maka kecenderungan kekuatan komposit semakin tinggi.



**Gambar 2.6.** Grafik Hubungan antara Kekuatan dan Susunan serat (Gibson, 1994)

Serat alami adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari alam, biasanya berupa serat organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Serat ini telah banyak digunakan, diantaranya adalah kapas, wol, sutera, aren, kelapa sawit, kenaf, flax, rami, ijuk, serat bambu, sabut kelapa dan lain-lainnya. Serat alami mempunyai kelemahan yaitu ukuran serat tidak seragam, kekuatan serat sangat

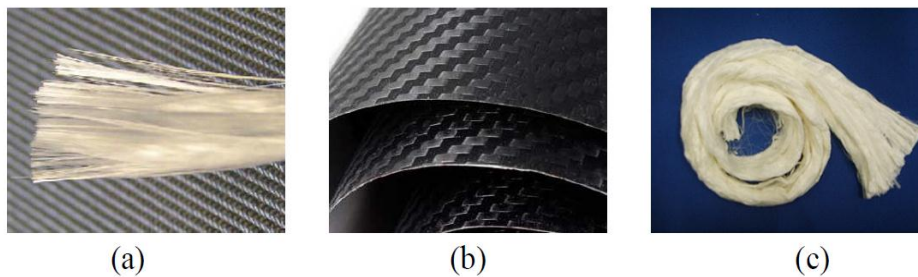
dipengaruhi oleh usia (Schwartz, 1984). Dapat dilihat macam-macam serat pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7.** (a) serat rami b) serat kelapa (c) serat wool

(<http://apobaeado.blogspot.co.id/2013/05/serat-alami-dan-serat-buatan-sintetis.html>)

Menurut Jones (1975), serat sintetis adalah serat yang terbuat dari bahan bahan organik dengan komposisi kimia tertentu. Serat sintetis mempunyai beberapa kelebihan yaitu: sifat dan ukuranya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama disepanjang serat. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain: serat gelas, serat karbon, nilon. Dapat dilihat pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.8.** (a) serat kaca (b) serat karbon (c) serat nilon

(<http://apobaeado.blogspot.co.id/2013/05/serat-alami-dan-serat-buatan-sintetis.html>)

### 2.3.2. Serat Alam

Kualitas serat alami pada umumnya sangat tergantung pada umur pohon, tempat menanam dan waktu, prosedur pemisahan serat dengan batang atau unsur bukan serat dan perlakuan yang diberikan. Pada Tabel 2.2 ditunjukkan komposisi kimia beberapa serat alam

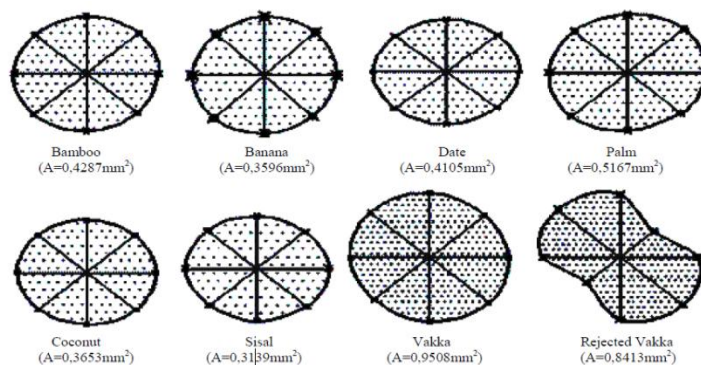
**Tabel 2.2.** Komposisi unsur kimia serat alam

Serat	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)	Kadar air (%)
Pisang	60-65	6-8	5-10	10-15
Sabut Kelapa	23	<1	45	10-12
Flax	70-72	14	4-5	7
Jute	61-63	13	5-13	12.5
Rami	80-85	3-4	0.5	5-6
Sisal	60-67	10-15	8-12	10-12
Sun hemp	70-80	18-19	4-5	10-11
Cotton	90	6	-	7

Sumber : *Building Material and Tecnology Promotion Council (1998)*

Serat-serat tersebut pada umumnya diperoleh dengan cara melarutkan lignin atau bahan pengikat serat dengan cara merendam dalam air selama beberapa hari atau menggunakan bahan alkali (pada umumnya larutan sampai dengan 15% NaOH pada 160 °C- 180 °C selama sampai dengan kurang dari satu jam, sehingga tersisa seratnya. Serat tersebut kemudian disisir dan dicuci sehingga relatif bersih dari unsur bukan serat. Bentuk penampang lintang serat alam pada umumnya tidak benar-benar bulat, namun ada unsur kelongjongan.

Bentuk penampang lintang serat alam pada umumnya tidak benar-benar bulat, namun ada unsur kelongjongannya. Berbagai bentuk dan ukuran serat alam ditunjukkan pada Gambar 2.9.

**Gambar 2.9.** Bentuk dan ukuran beberapa jenis serat alami (Rao, 2007)

**Tabel 2.3** Kadar air (%) dan massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ ) serat alami pada cuaca normal

Jenis Serat Alami	Kadar Air	Massa Jenis	Jenis Serat Alami	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	10,36	1350
Bambu (Sisi Luar)	9,16	910	Sisal	9,76	1450
Bambu (Sisi Dalam)	10,14	890	---	---	---

Sumber (Rao, 2007)

### 2.3.3. Serat Sabut kelapa

Sebagai negara kepulauan dan berada di daerah tropis dan kondisi agroklimat yang mendukung, Indonesia merupakan negara penghasil kelapa yang utama di dunia. Pada tahun 2000, luas areal tanaman kelapa di Indonesia mencapai 3,76 juta Ha, dengan total produksi diperkirakan sebanyak 14 milyar butir kelapa, yang sebagian besar (95 persen) merupakan perkebunan rakyat. Kelapa mempunyai nilai dan peran yang penting baik ditinjau dari aspek ekonomi maupun sosial budaya. Sabut kelapa merupakan hasil samping, dan merupakan bagian yang terbesar dari buah kelapa, yaitu sekitar 35 persen dari bobot buah kelapa. Dengan demikian, apabila secara rata-rata produksi buah kelapa per tahun adalah sebesar 5,6 juta ton, maka berarti terdapat sekitar 1,7 juta ton sabut kelapa yang dihasilkan. Potensi produksi sabut kelapa yang sedemikian besar belum dimanfaatkan sepenuhnya untuk kegiatan produktif yang dapat meningkatkan nilai tambahnya.

Tanaman kelapa di Indonesia menyebar hampir di seluruh wilayah nusantara Data statistik perkebunan nasional menunjukkan bahwa potensi tanaman kelapa terbesar terdapat di Sumatera (1.171.860 ha) dengan sentranya di Propinsi Riau, kemudian diikuti oleh Jawa (881.162 ha), Sulawesi (664.148 ha), Nusatenggara (348.164 ha), Maluku dan Irian 9275.638 ha), dan Kalimantan (253.485 ha). Berbeda dengan di luar Jawa yang umumnya lokasi perkebunannya

terkonsentrasi, tanaman kelapa di Jawa lokasinya menyebar khususnya di sepanjang pantai selatan. (<http://biokomposit-pemanfaatan-serat-sabut.html>)

Serat sabut kelapa, atau dalam perdagangan dunia dikenal sebagai Coco Fiber, Coir fiber, coir yarn, coir mats, dan rugs, merupakan produk hasil pengolahan sabut kelapa. Secara tradisional serat sabut kelapa hanya dimanfaatkan untuk bahan pembuat sapu, keset, tali, dan alat-alat rumah tangga lain. Perkembangan teknologi, sifat fisika-kimia serat, dan kesadaran konsumen untuk kembali ke bahan alami, membuat serat sabut kelapa dimanfaatkan menjadi bahan baku industri karpet, jok dan dashboard kendaraan, kasur, bantal, dan hardboard. Serat sabut kelapa juga dimanfaatkan untuk pengendalian erosi. Serat sabut kelapa diproses untuk dijadikan Coir Fiber Sheet yang digunakan untuk lapisan kursi mobil, Spring Bed dan lain-lain.

(<https://kelapaindonesia2020.wordpress.com/produk-dari-kelapa/serat-sabut-kelapa/>)

Hasil samping pengolahan serat sabut kelapa berupa butiran-butiran gabus sabut kelapa, dikenal dengan nama Coco Peat. Sifat fisika-kimianya yang dapat menahan kandungan air dan unsur kimia pupuk, serta dapat menetralkan keasaman tanah menjadikan hasil samping ini mempunyai nilai ekonomi. Coco Peat digunakan sebagai media pertumbuhan tanaman hortikultur dan media tanaman rumah kaca.

Buah kelapa terdiri dari *epicarp* yaitu bagian luar yang permukaannya licin, agak keras dan tebalnya  $\pm 0,7$  mm, *mesocarp* yaitu bagian tengah yang disebut sabut, bagian ini terdiri dari serat yang keras yang tebalnya 3 – 5 cm, *endocarp* yaitu tempurung yang tebalnya 3-6 mm, bagian dalam melekat pada kulit luar dari biji *endosperm*, putih lembaga (*endosperm*) yang tebal 3 -5 cm dan air kelapa. Sabut kelapa merupakan bagian lapisan tengah (*mesocarp*) dari buah kelapa yang terletak antar *epicarp* dan *endocarp*. Buah yang telah tua terdiri dari 35%, 12% tempurung, 28% endosperm dan 25 % air. Sabut kelapa terdiri dari kulit ari, serat dan sekam (*dast*). Di antara tiga komponen penyusun sabut kelapa ini penggunaan serat adalah paling banyak dimanfaatkan dan telah berkembang, serat sabut kelapa lapisan tengah kulit terluar dari tempurung. Serat sabut kelapa

memiliki sifat dapat menahan kandungan air dan unsure kimia pupuk, serta dapat menetralkan keasaman tanah, ramah lingkungan, juga tidak mudah terbakar atau memberikan asap beracun bila terbakar.



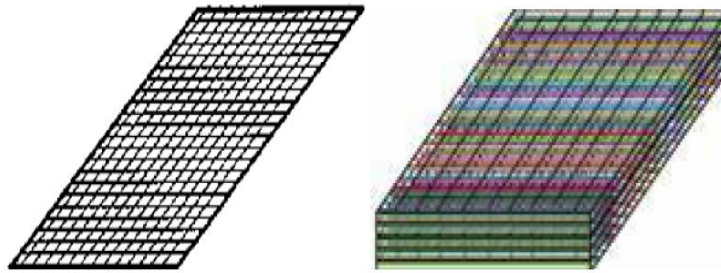
**Gambar 2.10.** Serat Sabut Kelapa ([https://www/ q=serat+sabut](https://www/q=serat+sabut) kelapa)

### 2.3.5. Jenis Anyaman Serat Pada Komposit

Serat adalah bahan pengisi matrik yang digunakan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi. Serat sebagai elemen penguat sangat menentukan sifat mekanik komposit karena serat meneruskan beban yang didistribusikan oleh matrik. Orientasi, ukuran, dan bentuk serta material serat adalah faktor yang mempengaruhi *property* mekanik dari lamina (Gibson, 1994). Serat alam yang dikombinasikan dengan resin sebagai matrik akan dapat menghasilkan komposit alternatif yang salah satunya berguna untuk aplikasi material industri. Dengan memvariasikan lebar anyaman serat tersebut diharapkan hasil properti mekanik komposit yang maksimal untuk mendukung pemanfaatan komposit alternatif.

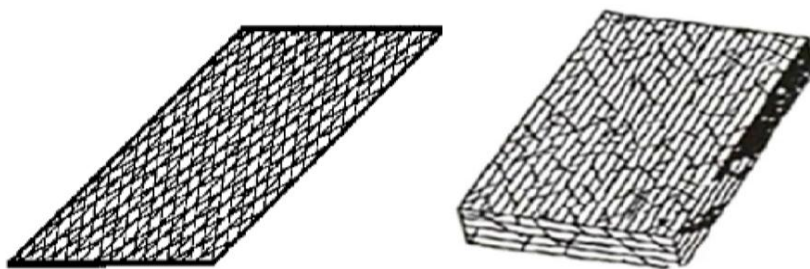
Anyaman merupakan salah satu komponen pembentuk komposit yang sangat berperan dalam kekuatannya karenan dinilai lebih solid dalam struktur mikronya dan penggabungan dengan matriks. Anyaman dibuat dari serat dengan mengorientasi pada dua arah tegak lurus, salah satu seratnya melengkung ke atas dan ke bawah mengikuti suatu pola yang telah ditentukan pada

Kebanyakan jenis serat bisa dianyam. Membuat anyaman bisa menggunakan alat anyam khusus yang telah dimodifikasi, alat yang biasa digunakan dalam industri tekstil. Anyaman dibuat dengan ukuran, lebar sekitar 120 cm, dan panjang tak terbatas. Sebagai suatu alternative anyaman mempunyai kelebihan lebih elastis, ditunjukkan pada Gambar 2.11.



**Gambar 2.11.** Komposit dengan orientasi serat anyam (*Orthogonal*)  
(Dekker, 2004)

Pembuatan komposit dengan orientasi serat acak (*random*) adalah dengan memotong-motong serat lalu dicampur secara acak ke seluruh bagian resin tanpa memperhatikan arahnya. Bila tiap arah seratnya menyebar maka kekuatannya akan menyebar kesegala arah sehingga kekuatan mekanisnya akan meningkat. Namun semakin acak orientasi seratnya maka sifat mekanik pada satu arahnya akan semakin melemah. Dapat dilihat pada Gambar 2.12.



**Gambar 2.12.** Komposit dengan orientasi serat acak (*random*) (Gibson, 1994)

## 2.4 Matriks

### 2.4.1 Jenis-jenis matrik

Matrik berfungsi sebagai penyelubung serat dari kerusakan atau abrasi yang terjadi antar serat, pelindung terhadap lingkungan dari serangan zat kimia,

kelembaban dan lain-lain), pendukung dan menginfiltrasi serat. Matriks dalam komposit berfungsi sebagai berikut :

- a. Mentransfer tegangan ke serat secara merata.
- b. Melindungi serat dari gesekan mekanik.
- c. Memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
- d. Melindungi dari lingkungan yang merugikan.
- e. Tetap stabil setelah proses manufaktur.

Matrik polimer paling banyak digunakan untuk memproduksi material komposit. Beberapa keuntungan menggunakan matrik polimer yaitu: murah, ringan, ketahanan kimiawinya tinggi serta pemrosesan untuk pembuatan produknya mudah. Adapun jenis polimer yaitu :

A. Komposit Bermatrik Polimer (*Polymer Matrix Composites* – PMC)

Bahan ini merupakan bahan komposit yang sering digunakan, biasa disebut polimer berpenguat serat (FRP – *Fibre Reinforced Polymers or Plastics*). Bahan ini menggunakan suatu polimer berbahan resin sebagai matriknya, dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon dan aramid (Kevlar) sebagai penguatannya. Komposit ini bersifat :

1. Biaya pembuatan lebih rendah
2. Dapat dibuat dengan produksi massal
3. Ketangguhan baik
4. Tahan simpan
5. Siklus pabrikasi dapat dipersingkat
6. Lebih ringan

Jenis polimer yang sering digunakan :

a. Polimer

1. *Thermoplastic*

*Thermoplastic* adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali (*recycle*) dengan menggunakan panas. *Thermoplastic* merupakan polimer yang akan menjadi keras apabila didinginkan. *Thermoplastic* akan meleleh pada suhu tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat balik (reversibel) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila



didinginkan. Contoh dari *thermoplastic* yaitu Poliester, Nylon 66, PP, PTFE, PET, Polietier sulfon, PES, dan Polietier eterketon (PEEK).

## 2. *Thermoset*

Termoset tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversibel*). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan termoset melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya yang demikian sering digunakan sebagai tutup ketel, seperti jenis-jenis melamin. Plastik jenis termoset tidak begitu menarik dalam proses daur ulang karena selain sulit penanganannya juga volumenya jauh lebih sedikit (sekitar 10%) dari volume jenis plastik yang bersifat *thermoplastic*. Contoh dari termoset yaitu Epoksida, Bismaleimida (BMI), poliester dan Poli-imida (PI).

Massa jenis bahan, persamaan kekuatan komposit dan sifat-sifat komposit dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Chawla, 1987) :

Massa komposit

Massa komposit dapat dicari dengan dengan persamaan sebagai berikut :

$$M_c = m_f + m_m \dots \dots \dots [2.1]$$

Keterangan:  $M_c$  = massa komposit (gr)

$m_f$  = massa serat (gr)

$m_m$  = massa matrik (gr)

Massa jenis komposit

Massa jenis komposit dapat dicari dengan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_c = \frac{m_c}{V_c} \dots \dots \dots [2.2]$$

Keterangan:  $P_c$  = massa jenis komposit (gr/cm<sup>3</sup>)

$m_c$  = massa komposit (gr)

$V_c$  = volume komposit (gr/cm<sup>3</sup>)

Volume komposit

$$V_c = P \cdot l \cdot t \dots \dots \dots [2.3]$$

Keterangan:  $P$  = panjang material (cm)

$l$  = lebar material (cm)

$t$  = tinggi material (cm)

Fraksi volume serat

$$W_f = m_f/m_c \times 100\% \dots\dots\dots[2.4]$$

Keterangan:  $W_f$  = fraksi massa serat (%)

$m_f$  = berat serat (gr)

$m_c$  = berat komposit (gr)

#### 2.4.2. Poliester

Poliester adalah polimer *thermosetting* yang terbentuk jika dicampur dengan *catalyzing agent* atau yang biasa disebut dengan “*hardener*”. *Polyester* dikenal karena daya *adhesinya* yang sangat baik, daya tahan panas yang cukup tinggi, serta mempunyai sifat mekanik (*Mechanical Properties*) dan sifat isolasi listrik yang baik. *Polyester* telah dipergunakan secara umum oleh masyarakat pada bidang otomotif dan industri. Harga *polyester* yang relatif murah dengan daya *adhesi* yang baik menjadi alasan bagi masyarakat untuk menggunakannya sebagaipenguat serat (*fiber reinforcement*) pada *fiberglass* atau sebagai bagian dari komposit.

Resin polyster merupakan jenis material polimer *thermosetting*. Matriks ini dapat menghasilkan keserasian antara matrik dengan serat melalui mengontrol factor jenis dan jumlah komponen, katalis, waktu dan suhu. Sifatnya yang tahan dengan *creep*, sangat memadai sebagai perekat struktur berbeban berat, tahan dengan radiasi serta tahan dengan kondisi suhu yang tinggi.

Sifat listrik lebih baik diantara resin *thermoset*. Pada umumnya kuat terhadap asam kecuali asam pengoksida, tetapi lemah terhadap alkali. Bila dimasukkan dalam air mendidih untuk waktu yang lama (300 jam), bahan akan pecah dan retak-retak. Bahan ini mudah mengembang dalam pelarut. Secara luas digunakan untuk kontruksi sebagai bahan komposit.

Sifat-sifat fisik dari bahan resin polyester, yaitu:

- a. Retakan baik.
- b. Tahan terhadap bahan kimia.
- c. Pengerutan sedikit (saat *post curing*).

Pada proses pencampurannya resin poliester tersebut harus ditambahkan dengan suatu katalis, pada penelitian ini katalis yang digunakan adalah katalis komersil/pasaran berupa MEKPO (*Metil Etil Keton Peroksida*) yang fungsinya sebagai zat *curing* yakni untuk mempersingkat waktu pengerasan dari resin *polyester* tersebut. Spesifikasi Resin Poliester SHCP268 BQTN ditunjukkan pada

**Tabel 2.4.** Spesifikasi *Unsaturated Polyester Resin Yukalac 268 BQTN- EX Series*.

Spesifikasi	Nilai	Metode Uji
Penyerapan air	0.35%	ISO-62-1980
Kekerasan	48 BHC	ASTM D2583-67
Suhu distorsi panas	67.3°C	ASTM D648-72
Perpanjangan	3.2%	ASTM D638-72
Massa jenis resin pada 25°C	1.13 kg/liter	ASTM D1475
Volume penyusutan	9%	Massa Jenis
Penguapan	40-43%	ASTM D3030
Kekuatan bending	82.4 Mpa	ASTM 790
Modulus bending	5257.3 Mpa	ASTM 790
Kekuatan tarik	29.4 MPa	ASTM D638

Sumber: *Singapore Highpolymer Chemical Product Pte Ltd*

### 2.4.3. Katalis

Katalis adalah bahan yang digunakan untuk memulai dan mempersingkat reaksi *curing* pada temperatur ruang. Katalis dapat menimbulkan panas saat curing dalam hal ini dapat merusak produk yang dibuat. Katalis yang digunakan sebagai proses *curing* dalam pembuatan papan yang berasal dari *organic proxide* seperti *methyl ethyl, ketone proxide* dan *acetyl acetone proxide*. Dalam pembuatan bahan komposit, campuran katalis sedikit maka papan serat yang dihasilkan akan lebih kuat bila dibandingkan pada campuran katalisnya banyak.

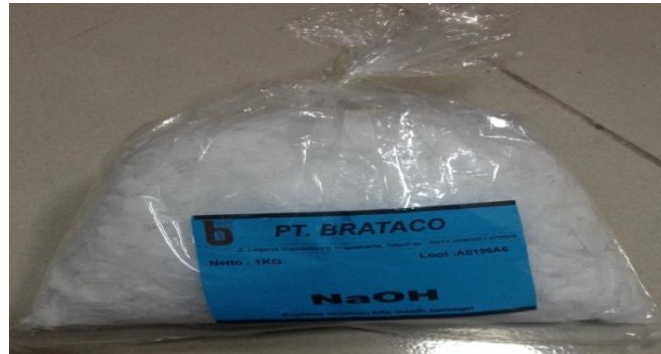
Pada proses pencampuran resin *polyester* tersebut harus ditambahkan dengan suatu katalis, pada penelitian ini katalis digunakan adalah katalis komersial atau pesaran berupa MEKPO (*mehtyl ehtyl keton peroksida*) yang fungsinya sebagai zat *curing* yakni untuk mempersingkat waktu pengerasan dari resin *polyester* tersebut. Jumlah katalis MEKPO juga berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit yang dihasilkan.

### 2.5. Perlakuan Alkali (NaOH)

Sifat alami serat alam adalah *hydrophilic*, yaitu suka terhadap air berbeda dari polimer yang *hydrophobic*. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam selulosa telah diteliti dimana kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *hidropholic* serat dapat memberikan ikatan *interfecial* dengan matrik secara optimal (Bismarck dkk 2002). Natrium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran, atau larutan jenuh 50%. Natrium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik.

NaOH merupakan larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. Menurut teori arrhenius basa adalah zat yang dalam air menghasilkan ion OH negatif dan ion positif. Larutan basa memiliki rasa pahit, dan jika mengenai tangan terasa licin (seperti sabun). Sifat licin terhadap kulit itu disebut sifat kaustik basa.

Salah satu indikator yang digunakan untuk menunjukkan kebasaaan adalah lakmus merah. Bila lakmus merah dimasukkan ke dalam larutan basa maka berubah menjadi biru. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.13.



**Gambar 2.13.** Alkali (NaOH)

Penggunaan NaOH selain untuk komposit di antaranya :

1. Digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu.
2. Sebagai larutan Fehling penguji makanan sebagai penguji larutan basa.
3. Digunakan sebagai basa pada proses produksi tekstil, sabun, dan detergen.

## **2.6. Karakteristik Patahan**

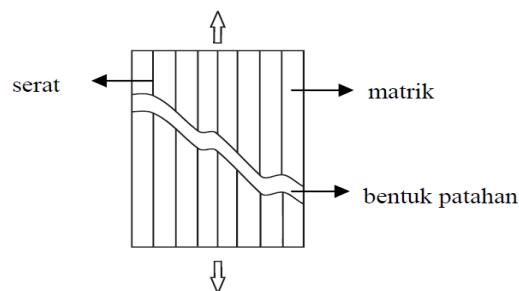
### **2.6.1. Karakteristik Patahan Pada Material Komposit**

Patahnya material komposit dapat disebabkan oleh deformasi gand, antara lain disebabkan oleh kondisi pembebanan serta struktur mikro komponen pembentuk komposit. Berbagai macam mode deformasi dapat menyebabkan terjadinya kegagalan komposit. Mode gagal operatifnya diantaranya tergantung pada kondisi pembebanan dan struktur mikro sistem komposit tertentu. Yang dimaksud dengan struktur mikro adalah diameter serat, fraksi volume serat, distribusi serat, dan kerusakan akibat tegangan termal yang dapat terjadi selama fabrikasi atau dalam pemakaiannya. Kenyataan bahwa banyak faktor yang dapat menyebabkan proses retak pada komposit, maka tidaklah mengherankan jika mode gagal yang beragam dapat dijumpai pada suatu sistem komposit tertentu (Chawala, 1987).

### **2.6.2. Patah Banyak**

Pada umumnya, serat dan matrik memiliki besar regangan yang berbeda saat retak. Ketika komponen dengan regangan patah yang lebih kecil retak, misalnya serat atau matrik keramik yang rapuh, maka beban yang semula dipikul oleh komponen tersebut akan dialihkan ke komponen lainnya. Bila komponen

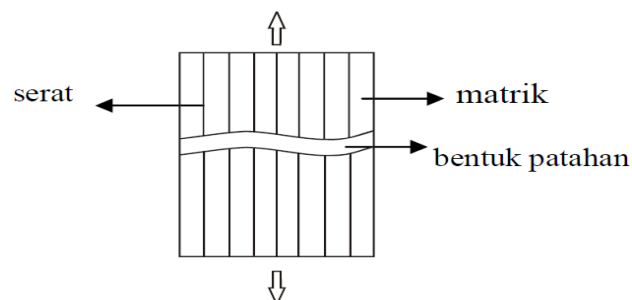
dengan regangan retak yang lebih tinggi dapat memikul beban tambahan tersebut maka komposit akan menunjukkan retak banyak pada komponen yang rapuh. Wujud fenomena ini adalah ‘bridging’ serat pada matrik keramik (periksa bab terdahulu). Akhirnya; penampang lintang tertentu dari komposit menjadi sedemikian lemah sehingga komposit tidak mampu lagi memikul bebannya dan terjadilah kegagalan. Dilihat pada Gambar 2.14 dibawah ini.



**Gambar 2.14.** Patah Banyak (Schwartz, 1984)

### 2.6.3. Patah Tunggal

Patah yang disebabkan ketika serat putus akibat beban tarik, matrik mampulagi menahan beban tambahan Patahan terjadi pada satu bidang. Semua serat putus hampir pada satu bidang, maka komposit juga akan patah pada bidang tersebut. Maka serat-seratnya akan putus menjadi potongan-potongan pendek sampai regangan retak matrik tercapai. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.15.



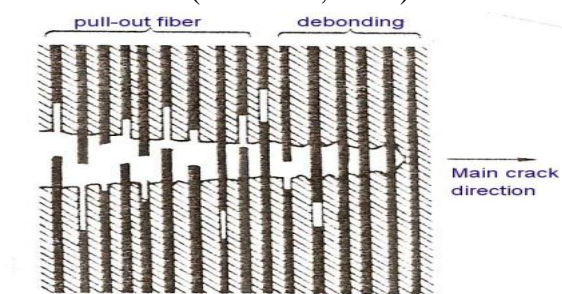
**Gambar 2.15.** Patah Tunggal (Schwartz, 1984)

### 2.6.4. Debonding

Adalah lepasnya ikatan pada bidang kontak *rein* dengan serat, serat yang terlepas dari ikatan tidak lagi terbungkus oleh resin. Hal ini disebabkan gaya geser pada *interface* atau gaya tarik antara dua elemen yang saling kontak yang tidak mampu ditahan oleh resin,

### 2.6.5. Fiber Pull Out

Adalah tercabutnya dari matrik yang disebabkan ketika matrik retak akibat beban tarik, kemampuan untuk menahan beban akan segera berkurang namun komposit masih mampu menahan beban yang mampu ditahan menurun. Seiring dengan bertambahnya deformasi, serat akan tercabut dari matrik akibat debonding dan patahnya serat, Gambar 2.16. (Schwartz, 1984).



**Gambar 2.16.** Fiber Pull out (Schwartz, 1984)

## 2.7. Sifat Mekanik Material

### 2.7.1. Ketangguhan Impak

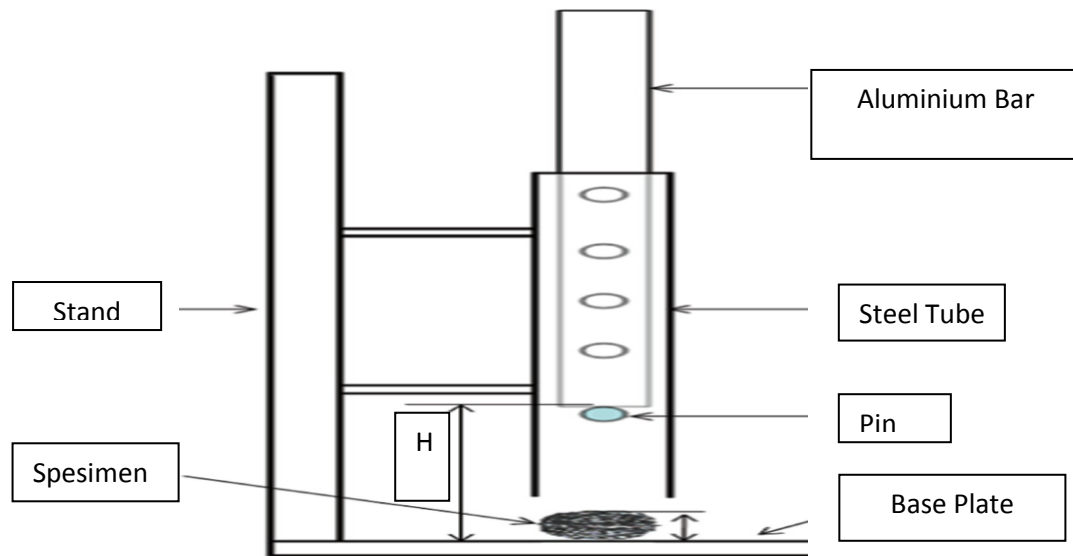
Kekuatan material terhadap beban kejut dapat diketahui dengan cara melakukan uji impak. Uji impak adalah suatu kriteria penting untuk mengetahui kegetasan bahan. Ketangguhan impak material komposit rata-rata masih dibawah ketangguhan impak, semakin kuat ikatan maka semakin kuat ketangguhan impaknya.

Pada dasarnya pengujian impak untuk material komposit dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas penyerapan energi material, atau hubungan antara besar energi yang diserap dengan tingkat kerusakan yang terjadi. Disamping cara pengujian impak yang bisa digunakan untuk logam, Charpy dan Izod, untuk material komposit juga digunakan cara jatuhan massa (*low velocity impact*) dan tembakan proyektil (*high velocity impact*) (Sudarisman, 2013).

Pada cara jatuhan massa, indentor dengan massa tertentu dijatuhkan secara bebas dari ketinggian tertentu. Besar energi potensial awal dihitung dan tingkat kerusakan spesimen dievaluasi. Besar energi potensial yang dikenakan pada spesimen dapat divariasikan dengan mengubah-ubah besar massa, tinggi jatuh,

maupun keduanya. Dari beberapa data pengujian kan diperoleh hubungan antara tingkat penyerapan energi dengan kerusakan yang terjadi.

Pada jatuhan bola baja, spesimen di jatuhkan dengan sebuah bola baja dengan kecepatan tertentu. Sebagaimana pada cara jatuhan massa, besar energi yang dikenakan pada spesimen dapat divariasikan dengan mengubah-ubah massa proyektil maupun kelajuannya. Dengan cara ini juga akan diperoleh hubungan antara besar energi yang dikenakan dengan tingkat kerusakan yang terjadi



**Gambar 2.17.** Alat Uji impak (Shahbazi, 2012)

Pengujian *impak* dapat diidentifikasi sebagai berikut :

1. Material yang getas, bentuk patahannya akan bermukaan merata, hal ini menunjukkan bahwa material yang getas akan cenderung patah akibat tegangan normal.
2. Material yang ulet akan terlihat meruncing, hal ini menunjukkan bahwa material yang ulet akan patah akibat tegangan geser.
3. Semakin besar posisi sudut  $\beta$  akan semakin getas, demikian sebaliknya. Artinya pada material getas, energy untuk mematahkan material cenderung semakin kecil.

Energi indentor pada komposit dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$E_i = mg (H - W) \dots\dots\dots [2.5]$$



Dimana :

$E_i$  = Energi terserap ( $J$ )

$m$  = Massa bola (kg)

$g$  = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$H$  = Ketinggian penurunan dari pelat dasar (m)

$W$  = Lebar spesimen (m)

Untuk total energi impact yang di serap dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$E_a = Mg (H_1 - H_2) \dots\dots\dots [2.6]$$

$E_a$  adalah energi diserap ( $J$ ),

$H_1$  = Tinggi penurunan asli (m)

$H_2$  adalah tinggi Rebound (m). Namun, diasumsikan bahwa  $H_2$  sangat kecil dan diabaikan ( $H_1 \gg H_2$ ), dan dengan demikian, energi Rebound adalah diabaikan.

### 2.7.2. Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas bahan dengan cara menarik spesimen sampai putus. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik atau dengan *universal testing standar*. (Standar ASTM D 3039). Hal-hal yang mempengaruhi kekuatan tarik komposit antara lain : (Surdia, 1995).

a) Temperatur

Apabila temperatur naik, maka kekuatan tariknya akan turun.

b) Kelembaban

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

c) Laju Tegangan

Apabila laju tegangan kecil, maka perpanjangan bertambah dan mengakibatkan kurva tegangan-regangan menjadi landai, modulus

elastisitasnya rendah. Sedangkan kalau laju tegangan tinggi, maka beban patah dan modulus elastisitasnya meningkat tetapi regangannya mengecil.

### 1. Tegangan Tarik

Hubungan antara tegangan dan regangan pada beban tarik ditentukan dengan rumus sebagai berikut (Surdia, 1995)

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots [2.3]$$

Keterangan :  $\sigma$  = tegangan tarik (MPa)

$A$  = luas penampang (mm<sup>2</sup>)

$P$  = beban tarik maksimum (N)

### 2. Regangan tarik

Besarnya regangan adalah jumlah pertambahan panjang karena pembebanan dibandingkan dengan panjang daerah ukur (*gage length*). Nilai regangan ini adalah regangan proporsional yang didapat dari garis proporsional pada grafik tegangan-tegangan hasil uji tarik komposit.(Surdia, 1995)

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \dots\dots\dots [2.4]$$

Keterangan :  $\epsilon$  = regangan (mm/mm)

$\Delta l$  = defleksi (mm)

$l_0$  = panjang awal (mm).

### 3. Modulus elastisitas

Pada daerah proporsional yaitu daerah tegangan regangan yang terjadi masih sebanding, defleksi yang terjadi masih bersifat elastis dan masih berlaku hukum Hooke. Besarnya nilai modulus elastisitas komposit yang juga merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan pada daerah proporsional dapat dihitung dengan persamaan (Surdia, 1995)

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} \dots\dots\dots [2.5]$$

Keterangan :  $E$  = modulus elastisitas (GPa)

$\Delta\sigma$  = tegangan tarik (MPa)

$\Delta\varepsilon$  = regangan (mm/mm)

#### **4. Pengujian tarik**

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas bahan dengan cara menarik spesimen sampai putus. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik atau dengan *universal testing machine*. (Standar ASTM D 3039).