

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA & DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Arib dkk, (2006) yang meneliti tentang pengaruh penambahan serat daun nanas pada kekuatan tarik polipropilen. Melaporkan bahwa serat nanas dapat mengikat matrik secara kovalen yang bersifat polar dan dapat digunakan sebagai penguat komposit dengan nilai kekuatan tarik paling tinggi terdapat pada fraksi volume 10,8% dan hasil uji kekuatan tariknya sebesar 687,02 MPa.

Hadi dkk, (2016) meneliti tentang penggunaan serat nanas/epoksi pada aplikasi kulit kapal melaporkan bahwa ketangguhan impak rata-rata komposit serat nanas dengan arah sudut 0° memiliki nilai ketangguhan impak sebesar 0,0229 J/mm², arah sudut bersilangan $11,25^\circ$ sebesar 0,0375 J/mm², arah sudut bersilangan $22,5^\circ$ sebesar 0,0333 J/mm², arah sudut bersilangan 45° sebesar 0,0375 J/mm². Nilai ketangguhan impak tertinggi didapat pada variasi arah sudut $11,25^\circ$ dan 45° , hal ini menunjukkan bahwa arah sudut serat tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai ketangguhan impak karena pada sudut yang berbeda didapat nilai ketangguhan impak yang hampir sama.

Selanjutnya Setyawan dkk, (2012) tentang pengaruh orientasi dan fraksi volume serat daun nanas terhadap kekuatan tarik komposit polyester tak jenuh didapat hasil bahwa pada penyusunan serat searah nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 33,57 MPa dengan fraksi volume serat sebanyak 40%, sedangkan pada penyusunan serat acak nilai tarik tertinggi yaitu 16,24 MPa dengan fraksi volume serat sebanyak 10%. Semakin bertambahnya fraksi volume nanas pada orientasi serat searah maka nilai kekuatan tariknya akan meningkat, sedangkan pada orientasi serat acak semakin bertambah fraksi volume serat nanas maka nilai kekuatan tariknya semakin menurun.

Rahman dkk, (2010) meneliti tentang ketangguhan impak dengan pengaruh fraksi volume serat nanas kontinyu searah dengan matrik *unsaturated* polyester. Hasil dari penelitian tersebut melaporkan bahwa semakin tinggi nilai fraksi volume

serat maka semakin meningkat pula ketangguhan impak dan energi patahnya. Pada variasi volume 39,85% serat nanas didapat bahwa nilai ketangguhan impak maksimum sebesar $0,0047 \text{ J/mm}^2$. Akan tetapi, pada fraksi volume 34,44% dan 39,85% memiliki nilai ketangghan impak sama yaitu $0,0046 \text{ J/mm}^2$. Hal ini menunjukkan bahwa ketangguhan impak yang paling optimum terdapat pada fraksi volume sekitar 35%.

Fahmi dan Arifin (2014) juga melakukan penelitian terhadap ketangguhan impak serat nanas/*E-glass* dengan matrik resin epoksi dengan menggunakan variasi fraksi volume matriks dan filler 90% resin, 10% serat (6% serat nanas, 4% serat *E-Glass*); 80% resin, 20% serat (12% serat nanas, 8% serat *E-Glass*); 70% resin, 30% serat (18% serat nanas, 12% serat *E-Glass*); 60% resin, 40% serat (24% serat nanas, 16% serat *E-Glass*) Pada perbandingan matriks dan *filler* 90:10 menghasilkan ketangguhan impak paling kecil yaitu sebesar $0,003 \text{ J/mm}^2$. Hal ini disebabkan karena jumlah dari filler yang digunakan terlalu sedikit dibandingkan dengan fraksi volume lain, sehingga kemampuan energi untuk menyerap beban terlalu kecil. Sementara itu ketangguhan impak terbesar terdapat pada perbandingan matriks dan *filler* 70:30 yaitu sebesar $0,008 \text{ J/mm}^2$. Jumlah *filler* paling optimum yaitu sebanyak 30% karena dapat memenuhi seluruh bagian matriks sehingga pembebanan akan akan tersalurkan secara sempurna dari matriks ke *filler*.

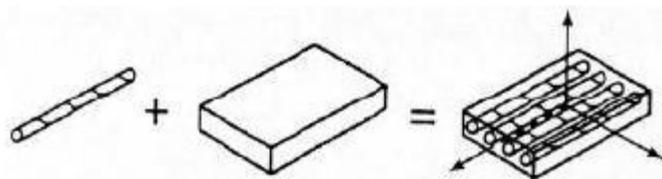
Kasim dkk, (2015) juga meneliti tentang variasi dari volume serat daun nanas bermatriks polipropilen berorientasi acak dengan perbandingan komposisi serat nanas sebanyak 0%, 30%, 40%, 50%, 60%, dan 70% terhadap kekuatan tarik. Didapat bahwa penggunaan variasi volume 30% memiliki hasil kuat tarik tertinggi yaitu sebesar $16,71 \pm 0,05 \text{ MPa}$. Penambahan fraksi volume diatas 30% membuat kekuatan mekanis semakin menurun, hal ini disebabkan semakin berkurangnya volume matrik maka ikatan antara serat dengan matrik semakin berkurang pula. Selain berkurangnya ikatan antara matrik dengan serat, penambahan fraksi volume serat akan menyebabkan timbulnya *void*.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Komposit

Material suatu *struktur* dapat dikelompokkan dalam empat kategori dasar, yaitu : logam, *polymer*, keramik dan komposit. Komposit merupakan suatu bahan hasil penggabungan dari dua atau lebih material penyusun yang berbeda secara *makroskopik* yang tidak larut satu dengan yang lainnya (Schwartz, 1984). Bahan komposit dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis, bergantung pada geometri dan jenis seratnya (Barthelot, 1997). Hal ini dapat dimengerti, karena serat merupakan unsur utama dalam bahan komposit tersebut. Sifat-sifat dari bahan komposit, seperti kekakuan, kekuatan, keliatan, dan ketahanan tergantung dari geometri dan sifat-sifat seratnya.

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material yang mempunyai sifat mekanik lebih kuat dari material pembentuknya. Komposit terdiri dari dua bagian yaitu matrik sebagai pengikat atau pelindung komposit dan *filler* sebagai pengisi komposit. Serat alam merupakan alternatif *filler* komposit untuk berbagai komposit polimer karena keunggulannya dibanding serat sintetis. Serat alam mudah didapatkan dengan harga yang murah, mudah diproses, densitasnya rendah, ramah lingkungan, dan dapat diuraikan secara biologi (Kusumastuti, 2009).



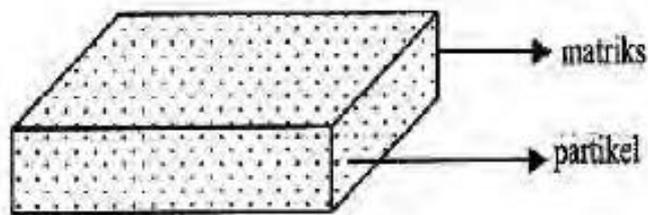
Serat (*Fiber*) + Matrik = Material Komposit

Gambar 2.1 Komposisi Komposit (Jones, 1999)

Jika dilihat dari bentuk penguatnya, komposit dapat digolongkan menjadi tiga jenis yaitu : komposit partikel, komposit serat, dan komposit lapis (Jones 1999).

a. Komposit Partikel (*Particulate Composites*)

Jika dilihat dari namanya, komposit partikel merupakan jenis komposit yang *filler* dan matriksnya berbentuk seperti partikel atau serbuk yang tercampur dengan rata didalam matriks. Partikel tersuspensi kedalam matriks dapat berupa logam maupun non logam yang berukuran 0,01-0,1 μm (10-100 nm) (Callister, 2007).



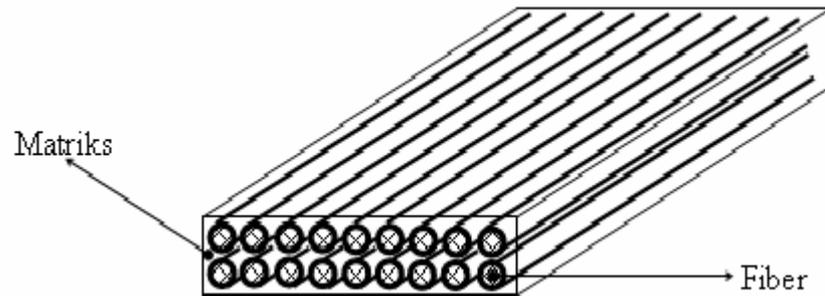
Gambar 2.2 Komposit Partikel (Gibson, 1994)

Kelebihan dari komposit partikel :

1. Matriks dan *filler* dapat tersebar dengan merata sehingga kekuatan lebih seragam pada berbagai arah.
2. Dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan material.
3. Cara penguatan dan penegerasan oleh partikular adalah dengan menghalangi pergerakan distorsi.

b. Komposit Serat (*Fiber Composite*)

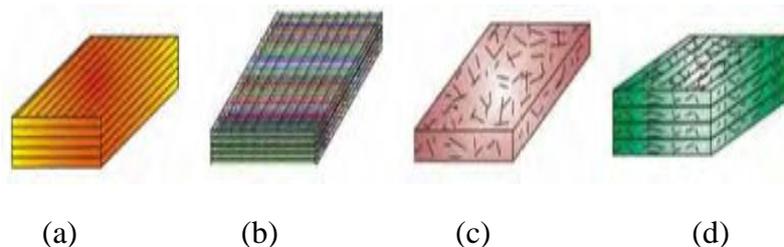
Komposit serat adalah komposit dengan material pembentuknya terdiri dari serat dan matriks. Jenis komposit ini hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat (*filler*) berupa serat. Serat yang biasanya digunakan yaitu berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, *aramid fibers (poly aramide)*, serat alam dan sebagainya. Serat ini dapat disusun secara acak maupun dengan arah orientasi tertentu bahkan dapat juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.



Gambar 2.3 Komposit Serat (Yunus, 2011)

Berdasarkan dari penyusunan serat, komposit serat dapat dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. *Continous fiber composite* (penyusunan komposit serat secara kontinue)
2. *Woven fiber composite* (penyusunan komposit serat secara anyam)
3. *Chopped fiber composite* (penyusunan komposit serat secara pendek/acak),
4. *Hybrid composite* (penyusunan komposit serat secara kontinyu dan serat acak).

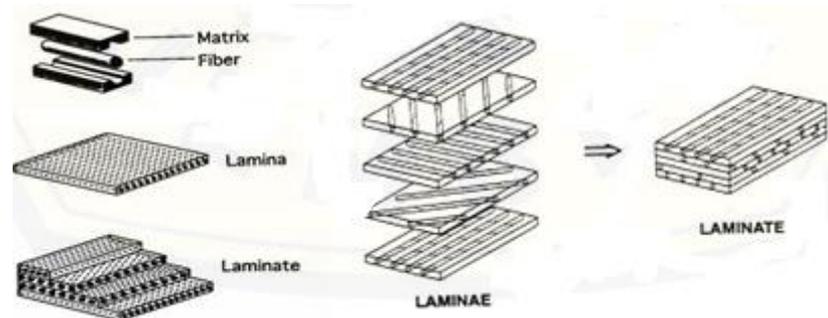


Gambar 2.4 Jenis Komposit Serat (a) *Continous fiber composite* , (b) *Woven fiber composite*, (c) *Chopped fiber composite*, (d) *Hybrid composite*. (Gibson, 1994)

c. Komposit Lapis (*Laminates Composite*)

Komposit lapis adalah komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang kemudian digabung menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik sifat yang berbeda. Contoh dari komposit ini

adalah bimetal, pelapis logam kaca dan komposit lapis serat. (Jones, 1999)



Gambar 2.5 Struktur Komposit Lapis (Masruri, 2011)

2.2.2 Matrik

Matrik merupakan material pada komposit yang berfungsi sebagai bahan pengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi bahan penguat atau *filler* dari kerusakan secara eksternal baik secara mekanis atau fisis. Matriks merupakan salah satu elemen pada komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (Gibson, 1994). Jenis matriks pada komposit serat alam dibagi menjadi 2 yaitu (Surdia dan Saito, 1999) :

1. Termoset

Termoset adalah jenis matrik yang sering digunakan pada komposit jenis serat maupun partikel. Matrik termoset ini memiliki sifat sulit untuk mencair atau melunak apabila dipanaskan. Hal ini disebabkan oleh ikatan molekul yang saling berhubungan sehingga saat mengalami proses pemanasan masing-masing molekul tidak saling bergerak relatif. Kelebihan pada termoset ini tahan terhadap suhu tinggi dan dapat mengikat *filler* dengan baik daripada jenis matrik termoplastik. Contoh beberapa matrik termoset yaitu resin, epoksi, poliester, dan lain-lain.

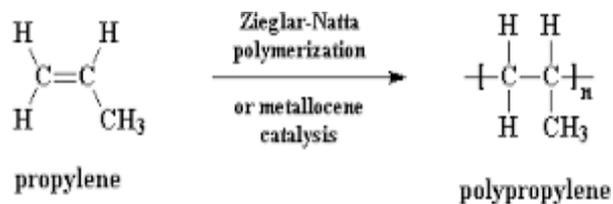
2. Termoplastik

Termoplastik adalah bahan plastik yang mudah mencair dan mudah mengeras apabila didinginkan sehingga pembentukan dapat dilakukan berulang-ulang karena mempunyai struktur yang linier. Kelebihan yang dimiliki oleh termoplastik adalah jika sudah digunakan dan menjadi keras

dapat didaur ulang dengan mudah, sedangkan termoset tidak bisa. Contoh termoplastik adalah *polypropylene*, PVC (*poly vinyl clorida*), *polyetilene*, *polyamida*, dan lain-lain.

2.2.3 Polipropilen

Polipropilen merupakan material plastik yang termasuk dalam jenis termoplastik yang memiliki sifat tidak beraroma, tahan terhadap asam dan basa, memiliki densitas rendah sehingga sangat cocok digunakan pada komponen berbagai macam produk otomotif, peralatan laboratorium, wadah atau kontainer, serta masih banyak lagi peralatan sehari-hari yang menggunakan polipropilen.



Gambar 2.6 Proses Polimerisasi

Polipropilen juga memiliki sifat yang ulet dan kaku sehingga memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap kelelahan, oleh karena itu polipropilen dapat digunakan untuk aplikasi engsel atau aplikasi lain yang memungkinkan penggunaan lipat dan tekuk dari sebuah keaktifan (Maier dkk, 1998). Masa jenis dari polipropilen adalah 0,90-0,91 g/cm³ (Callister, 1997). Modulus elastisitas yang dimiliki polipropilen adalah 1300-1800 N/mm². Titik leleh polipropilen terjadi pada satu rentang tergantung kristalinitasnya, sehingga titik lebur ditentukan dengan menentukan suhu tertinggi dari scanning grafik diferensial kalorimetri. Sindiotaktik polipropilen dengan kristalinitas 30% memiliki titik leleh 130 °C, polipropilen dengan isotaktik sempurna memiliki titik leleh 171°C, isotaktik polipropilen komersial memiliki titik leleh yang berkisaran 160-166 °C (Maier dkk, 1998). Pengembangan material komposit serat alam menggunakan matriks termoplastik berupa polipropilen telah dilakukan oleh PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia sebagai komponen interior mobil (Fauziah, 2009).

2.2.4 Serat Nanas

Nanas (*Ananas Comosus*) merupakan tanaman yang banyak tumbuh di negara yang beriklim tropis seperti Indonesia. Potensi utama pemanfaatan dari nanas ini adalah pada bagian buahnya saja, oleh karena itu limbah yang akan dihasilkan dari daun nanas akan melimpah. Berdasarkan dari data (BPS) Badan Pusat Statistik produksi nanas di Indonesia per hari mencapai 1,5 juta ton (Firman dkk, 2015). Solusi dari melimpahnya daun nanas yang tidak terpakai yaitu dengan memanfaatkannya menjadi bahan penguat komposit dari serat alam. Hasil dari penelitian yang sudah dilakukan oleh Mujiyono dan Didik (2009) melaporkan bahwa kuat tarik dari serat nanas hampir 2 kali lebih tinggi dari serat *E-Glass* yaitu sebesar 42,33 kg/mm² untuk serat nanas dan 21,65 kg/mm² untuk serat *E-Glass*. Serat daun nanas memiliki kandungan lignin sebanyak 4,4 - 4,7%, lemak dan wax 3 - 3,3%, alpha selulosa 69,5 - 71,5%, pentosan 17- 17,8%, serta zat-zat lain seperti protein dan asam organik sebanyak 4,5 - 5,3% (Doraiswamy dan Chellamani, 1993).

Tabel 2.1 Sifat mekanik serat daun nanas (George dkk, 1997)

Sifat	Metric
Massa jenis	1,526 g/cm ³
Tegangan tarik	170 Mpa
Modulus Elastisitas	6260 Mpa
Elongasi	3 %
<i>Moisture regain</i>	12 %

2.2.5 Serat Glass

Serat gelas atau serat kaca ini merupakan serat sintetis buatan yang banyak digunakan sebagai penguat pada komposit polimer. Serat sintetis gelas memiliki sifat kekuatan mekanik tinggi, tahan terhadap sifat kimia, dan merupakan insulator yang baik. Selain memiliki sifat yang unggul serat sintetis juga mudah didapat dan harganya terjangkau. Kekurangan dari serat sintetis adalah butuh waktu yang lama untuk proses penguraian sehingga

pemakaiannya tidak ramah terhadap lingkungan. Serat gelas memiliki beberapa jenis yaitu:

1. Serat *E-glass*

Serat *E-glass* merupakan serat yang memiliki harga paling murah, banyak diaplikasikan di beberapa produk komponen otomotif. Serat *E-glass* digunakan pada komposit polimer karena memiliki sifat mekanis yang tinggi.

2. Serat *S-glass*

Serat *S-glass* mempunyai kekuatan mekanis yang paling tinggi diantara jenis serat gelas yang lain, sehingga serat *S-glass* banyak digunakan pada industri penerbangan.

3. Serat *C-glass*

Serat *C-glass* memiliki sifat yang cukup istimewa yaitu sifat yang tahan terhadap korosi, oleh karena itu penggunaan serat *C-glass* banyak diaplikasikan pada industri kimia.

Tabel 2.2 Sifat serat *E-glass* (Munawar dalam Subyakto dan Gopar, 2009).

Sifat	Nilai
Massa jenis	2,42 g/cm ³
Kuat tarik	2400 Mpa
Modulus Elastisitas	73 Gpa

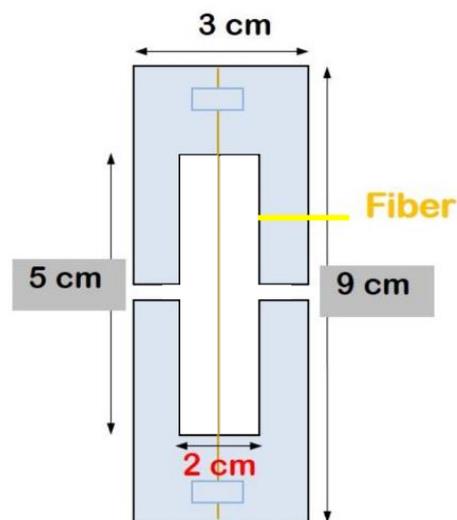
2.2.6 Alkalisasi

Alkalisasi pada serat alam dilakukan dengan tujuan meluruhkan kotoran dan kandungan lignin yang terdapat pada serat alam. Perbedaan sifat alami serat alam dan matrik dapat membuat ikatan antara serat alam dan matrik menjadi lemah dan membuat kekuatan mekanis menurun, oleh sebab itu perlu dilakukannya alkalisasi pada serat alam (Akil dkk, 2011). Perendaman serat menggunakan larutan alkali 6% NaOH selama 1 jam pada suhu ruangan merupakan konsentrasi yang optimum (Sosiati dkk, 2015).

Larutan yang digunakan pada proses alkalisasi adalah NaOH (Natrium Hidroksida), KOH (Kalium Hidroksida) dan LiOH (Lithium Hidroksida). Serat yang telah diberi perlakuan alkalisasi akan memiliki tingkat penyerapan *moisture* yang tinggi jika proses alkalisasi terlalu lama dan konsentrasi yang tinggi, dikarenakan lignin yang masih menempel pada selulosa telah larut. Lignin memiliki sifat *hydrophobic* yang kompatibel dengan matrik, sehingga dengan proses alkalisasi yang tepat dapat memperbaiki kompatibilitas serat dengan matriknya dikarenakan lignin yang melekat pada selulosa tidak seluruhnya larut (John & Anandjiwala, 2008).

2.2.7 Pengujian Serat Tunggal

Pengujian serat tunggal dilakukan untuk mengetahui besarnya kuat tegangan tarik maksimum, regangan patah dan modulus elastisitas dari serat tunggal nanas. Standar ASTM pengujian traik tunggal yang digunakan yaitu ASTM D 3379. Berikut ini adalah gambar spesimen uji tarik serat tunggal.



Gambar 2.7 Spesimen Uji Tarik Serat Tunggal ASTM D 3379

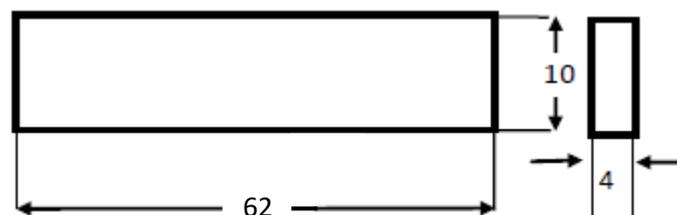
Sebelum melakukan pengujian serat tunggal posisi serat harus benar-benar merekat pada kertas sehingga dapat terbebas dari beban awal (*initial stress*). Setelah dipasang pada mesin uji dan dibuat celahnya, spesimen

diberi pembebanan secara gradual hingga putus dan secara simultan grafik gaya dan perpanjangannya direkam (F vs Δl) (Saputra, 2017).

2.2.8 Pengujian Impak

Uji impak adalah uji yang dilakukan untuk mengukur kekuatan material terhadap benturan dengan menumbuk benda kerja menggunakan sebuah pendulum yang diayunkan. Impak dinyatakan sebagai energi kinetik yang dibutuhkan untuk memulai keretakan dan meneruskan hingga material benar-benar patah. Tujuan dari dilakukannya pengujian impak ini sebagai pemeriksaan kualitas secara cepat dan mudah dalam menentukan sifat impak spesifik maupun secara umum suatu material.

Pengujian impak merupakan respon terhadap beban kejut atau beban tiba-tiba (beban impak). Dalam pengujian impak terdiri dari dua teknik pengujian standar yaitu Charpy dan Izod (Callister, 2007). Berikut ini adalah spesimen uji impak *charpy* yang digunakan sesuai dengan standar ASTM D 5942 yang digunakan pada komposit polimer.



Gambar 2.8 Spesimen Uji Impak (Husaini, 2014)

Dalam pengujian impak terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi besar kecilnya ketangguhan impak pada komposit diantaranya berat pendulum, jarak pendulum ke pusat rotasi sudut sebelum dan sesudah spesimen di tabrak. Dari beberapa faktor tersebut dapat ditemukan energi yang diserap oleh spesimen dan melalui persamaan berikut :

$$W = G \times R (\cos \beta - \cos \alpha) \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

$$W = \text{Energi yang diserap benda uji (J)}$$

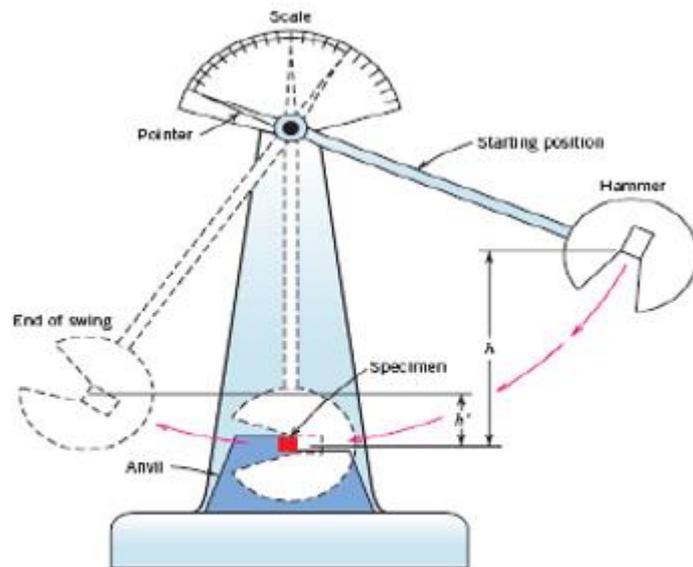
- G = berat pendulum (N)
 R = jarak pendulum ke pusat rotasi (m)
 β = sudut pendulum setelah menabrak benda uji (o)
 α = sudut pendulum tanpa benda uji (o)

Setelah mendapatkan energi yang diserap maka langkah selanjutnya adalah mencari ketangguhan impaknya melalui persamaan berikut :

$$I_s = \frac{W}{l \times t} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

- I_s = Ketangguhan Impak (J/mm^2)
 l = lebar spesimen (mm)
 t = tebal spesimen (mm)



Gambar 2.9 Skematik Peralatan Uji Impak (Callister, 2007)

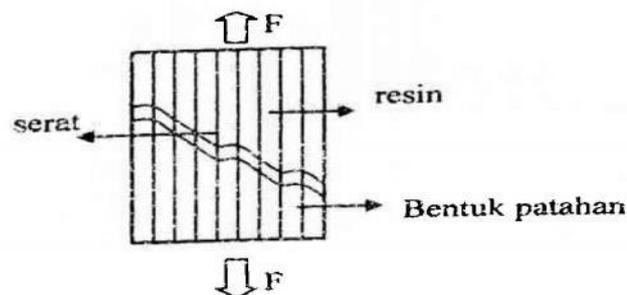
2.2.9 Karakteristik Patahan Pada Material Komposit

Kegagalan pada suatu bahan material harus dihindari karena akan mengakibatkan nilai jual produk menurun. Kegagalan pada material komposit

khususnya akan terjadi apabila salah satu tegangan utama pada sistem koordinat material melebihi besar kekuatannya secara matematis. Ada dua jenis patahan pada material komposit yaitu model patah liat (*ductile fracture*) dan patah getas (*brittle fracture*). Pada patahan yang bersifat liat (*ductile*) material menyerap energi yang cukup besar sebelum patah dengan dapat diperlihatkan oleh terjadinya deformasi plastik, sedangkan pada patahan material yang memiliki sifat getas hanya memperlihatkan deformasi kecil atau bahkan tidak ada. Berikut adalah beberapa jenis patahan pada material komposit :

a. Patah banyak

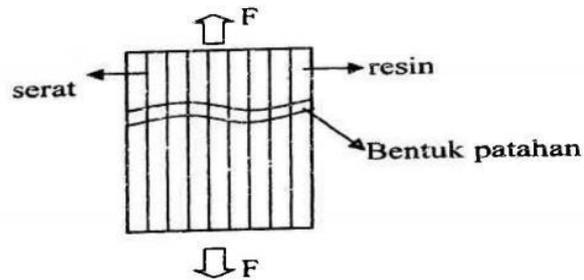
Chawla (1987) mengatakan bahwa ketika jumlah serat yang putus akibat beban tarik masih sedikit dan kekuatan interface masih baik, resin mampu mendukung beban yang diterima dengan mendistribusikan beban tersebut ke sekitarnya. Apabila resin mampu menahan gaya geser dan meneruskan beban keserat yang lain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



Gambar 2.10 Patah Banyak (Schwartz, 1984)

b. Patah tunggal

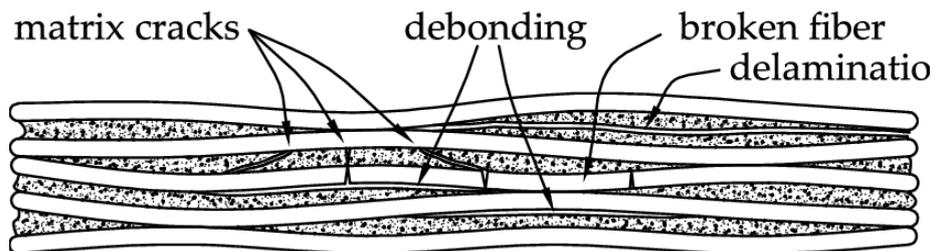
Patah tunggal adalah patah yang disebabkan ketika serat putus akibat beban tarik, matriks tidak mampu menerima lagi beban tambahan. Patah terjadi pada satu bidang kontak secara linier



Gambar 2.11 Patah Tunggal (Schwartz, 1984)

c. Delaminasi

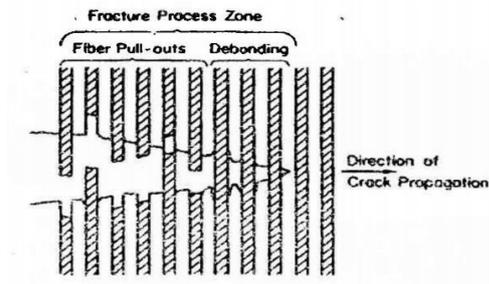
Delaminasi (interlaminar) adalah perpatahan yang terjadi akibat terlepasnya ikatan antar lapisan penguat. Delaminasi merupakan salah satu dari model kerusakan kritis yang terjadi pada komposit laminat. Delaminasi terjadi karena beberapa faktor seperti tegangan interlaminar yang tinggi dan konsentrasi tegangan pada lokasi retak atau kerusakan lain pada laminat.



Gambar 2.12 Delaminasi (Schwartz, 1984)

d. *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. 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 2.13 *Fiber pull out* (Schwartz, 1984)

2.2.10 Pengujian Daya Serap Air

Daya serap air (*water absorption*) komposit adalah suatu kemampuan material komposit dalam hal penyerapan air pada waktu tertentu. Penyerapan air pada material komposit merupakan masalah utama dalam penggunaan komposit pada ruangan terbuka (*outdoor*). Penggunaan komposit pada ruang terbuka akan terkena dampak faktor dari lingkungan seperti terkena air. Semua material berbahan komposit polimer akan menyerap air jika berada pada udara yang lembab atau ketika material komposit polimer terkena air. Penyerapan air pada komposit berpenguat serat alam memiliki beberapa dampak yang mempengaruhi sifat dari komposit tersebut, seperti penurunan kualitas dari kekuatan komposit dalam jangka waktu yang lama. Penurunan secara perlahan dari ikatan antar muka komposit serta menurunkan sifat mekanis komposit seperti kuat tarik, impak dan bending. (Lokantara dan Suardana, 2009). Persamaan yang digunakan untuk menghitung presentase daya serap air adalah sebagai berikut :

$$W_g = \frac{W_e - W_o}{W_o} \times 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

W_g = Presentase pertambahan masa komposit (%)

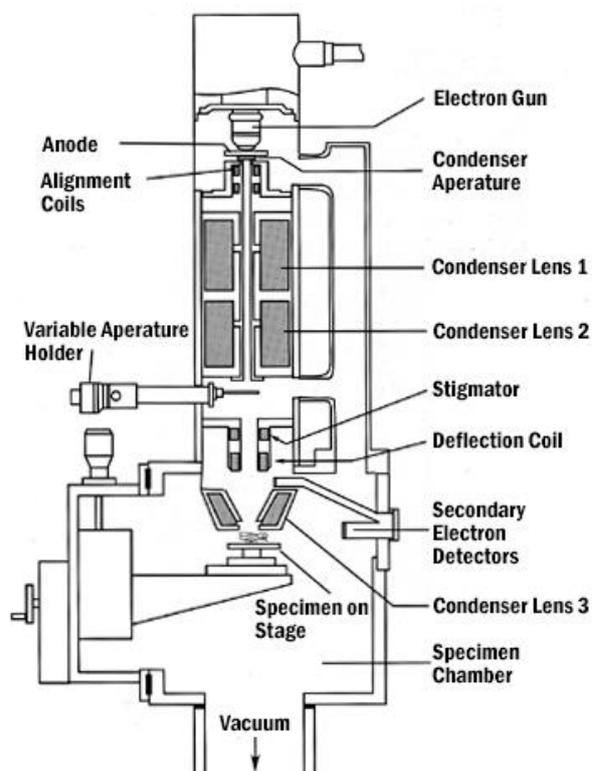
W_e = Masa komposit setelah perendaman (gram)

W_o = Masa komposit sebelum perendaman (gram)

2.2.11 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan alat yang digunakan untuk mekarakterisasi suatu obyek atau spesimen secara solid dan langsung. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) mikroskop elektron yang digunakan untuk mengamati detil permukaan suatu struktur mikroskopi dari sebuah objek, dan mampu menampilkan pengamatan objek tersebut secara 3 dimensi dengan *depth of field* 4 – 0,4mm dan memiliki resolusi sebesar 1-10nm. SEM didesain untuk keperluan pengamatan suatu permukaan objek dengan ukuran mikron secara langsung pada perbesaran 10 – 3.000.000 kali sesuai kebutuhan (Marantha, 2008).

SEM merupakan alat yang dapat membentuk bayangan permukaan. Struktur suatu objek yang akan diuji dapat diamati dengan mikroskop elektron pancaran karena jauh lebih mudah untuk mempelajari struktur permukaan itu secara langsung. Pada dasarnya, SEM menggunakan sinyal yang dihasilkan oleh elektron dan dipantulkan atau berkas sinar elektron sekunder (Sari, 2015)



Gambar 2.14 Komponen pada SEM (Radetic, 2011)

SEM dapat mengamati struktur dan bentuk permukaan yang berskala lebih halus, dilengkapi dengan *electron dispersive X ray spectroscopy* (EDS) dan dapat mendeteksi unsur-unsur pada material. Pada SEM terdapat *electron* yang memiliki resolusi lebih tinggi daripada cahaya, dimana cahaya hanya mampu mencapai 200nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi 0,1 – 0,2 nm (Radetic, 2011). Pada gambar 2.15 Menunjukkan bagian-bagian pada SEM.