

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA & DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Pemanfaatan serat alam sebagai bahan penguat komposit polimer mempunyai beberapa kelebihan diantaranya memiliki massa jenis yang rendah, sifat mekanik yang baik dan dapat diperbaiki karena berasal dari alam, mudah didaur ulang, dan murah (Mallick, 2007). Komposit berpenguat serat alam telah banyak dikembangkan dan diaplikasikan karena memiliki densitas yang rendah, ramah lingkungan dan harganya relatif murah jika dibandingkan dengan serat sintetis. Walaupun demikian penggunaan serat alam sebagai bahan penguat komposit terkadang tidak cukup untuk mengatasi kebutuhan desain produk komposit, karena kekuatan mekanisnya yang rendah dibandingkan dengan serat sintesis.

Berdasarkan hal tersebut maka dibuatlah komposit hibrida yang diperkuat oleh serat alam (kenaf) dan serat sintetis (*E-Glass*), untuk dapat meningkatkan sifat mekanis komposit (Salleh dkk, 2012). Penelitian tentang komposit berpenguat serat alam untuk aplikasi otomotif telah dilakukan, salah satunya untuk komponen interior dan eksterior, otomotif contohnya *door inner panel*, *seat back*, *roof inner panel*, *break pad* (Rwawiire dkk, 2015).

Sosiati dkk, (2016) telah melakukan penelitian tentang modifikasi permukaan serat sisal menggunakan larutan alkali 6 % NaOH selama satu dan tiga jam pada temperature 100°C, dapat melarutkan sebagian besar lignin yang terkandung dalam serat alam, sehingga menyebabkan serat lebih bersifat *hydrophillic* yang mana dapat menurunkan kompatibilitas antara serat sisal dengan matriks *polypropylene*. Sifat *hydrophillic* pada serat dapat menyebabkan serat menyerap air dari lingkungan sehingga menurunkan kekuatan mekanis serat sisal (Kaewkuk dkk, 2013). Berdasarkan kekurangan diatas, hal ini dapat diatasi dengan cara hibridisasi dengan serat yang lebih kuat contohnya dengan serat sintetis *E-Glass* dan *carbon*. Proses hibridisasi serat alam dengan serat sintetis yang lebih kuat dan tahan terhadap korosi

dapat meningkatkan kekakuan, kekuatan, dan juga dapat mengurangi daya serap air (Manikandan dkk, 2007).

Setyawan dkk, (2012) dalam penelitiannya tentang pengaruh orientasi dan fraksi volume serat nanas terhadap kekuatan tarik komposit *polyester* tak jenuh, mengungkapkan dengan penyusunan serat searah kekuatan tarik yang dihasilkan mencapai 33,57 MPa dengan fraksi volume serat sebesar 40%, sedangkan dengan penyusunan secara acak kekuatan tarik mencapai 16,24 MPa dengan fraksi volume serat 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..

Haryanto, (2015) melakukan penelitian mengenai pengaruh fraksi volume serat kenaf anyam dan serat *E-Glass* anyam bermatriks *polyester* terhadap kuat tarik komposit. Dengan metode fabrikasi komposit laminat berlapis menunjukkan hasil kekuatan tarik komposit meningkat seiring dengan penambahan fraksi volume serat yang berbanding lurus dengan semakin banyaknya lapisan e-glass yaitu dengan kekuatan tarik maksimum 90,47 MPa. Penelitian tentang variasi fabrikasi komposit hibrida telah dilakukan oleh Jarakumjon dkk, (2009) dan Haryanto, (2015) namun pada komposit hibrida sisal dan *E-Glass/polypropylene* masih memiliki kekuatan mekanik rendah sehingga perlu dilakukan variasi lebih lanjut untuk mendapatkan kekuatan mekanik yang lebih tinggi.

Fahmi dkk, (2014) telah meneliti mengenai pengaruh variasi komposisi resin *epoxy/E-Glass/nanas* terhadap ketangguhan impak dengan nilai ketangguhan impak masing-masing komposisi 90:10 nilai impak sebesar 0,003 J/mm², komposisi 80:20 nilai harga impak sebesar 0,0033 J/mm², pada komposisi 70:30 nilai harga impak sebesar 0,008 J/mm², dan pada komposisi 60:40 nilai harga impak sebesar 0,0077 J/mm², hal ini menunjukkan hasil ketangguhan impak tertinggi didapat pada komposisi 70:30, dikarenakan jumlah serat dapat menyebar keseluruhan bagian komposit, sehingga matriks yang digunakan bisa mengikat serat dengan sempurna.

Prakoso, (2017) melakukan penelitian mengenai karakterisasi sifat tarik komposit laminat hibrid serat sisal/*E-Glass/polypropylene* dengan fraksi volume serat 20:10 nilai kekuatan tarik rata-rata 45,341 MPa, diikuti perbandingan serat 15:15 nilai kekuatan tarik 41,135 MPa, dan perbandingan serat 10:20 nilai kekuatan tarik 33,853 MPa, menunjukkan hasil semakin tinggi fraksi volume serat sisal kekuatan tarik komposit cenderung meningkat.

Saputra, (2017) melakukan penelitian tentang karakterisasi sifat-sifat tarik komposit laminat hibrid serat kenaf/*E-Glass/polypropylene* dengan fraksi volume serat 20:10 nilai kekuatan tarik rata-rata 46,778 MPa, diikuti perbandingan serat 15:15 nilai kekuatan tarik 40,640 MPa, dan perbandingan serat 10:20 nilai kekuatan tarik sebesar 32,175 MPa. Hal ini menunjukkan hasil, serat kenaf memiliki kekuatan tarik yang lebih baik dibanding serat sisal dengan fraksi volume *filler* serat alam/*E-Glass* 20:10.

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 $16,71 \pm 0,05$ 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*.

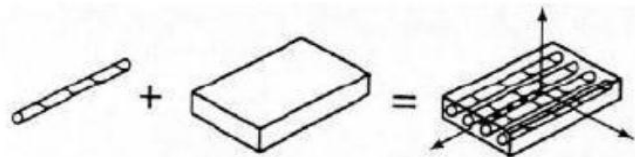
2.2 Dasar Teori

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).



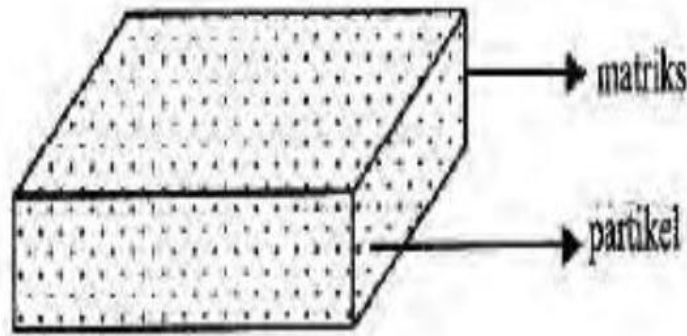
Serat (*Fiber*) + Matrik = Material Komposit

Gambar 2.1 Komposisi Komposit (Mines dkk, 1999)

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

a. Komposit Partikel (*Particulate Composite*)

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



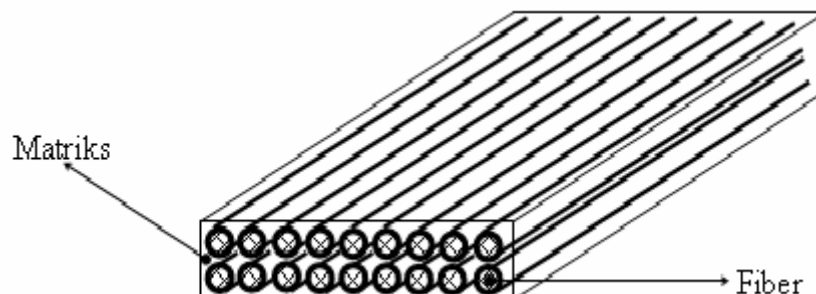
Gambar 2.2 Komposit Partikel (Gibson, 1994)

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*)

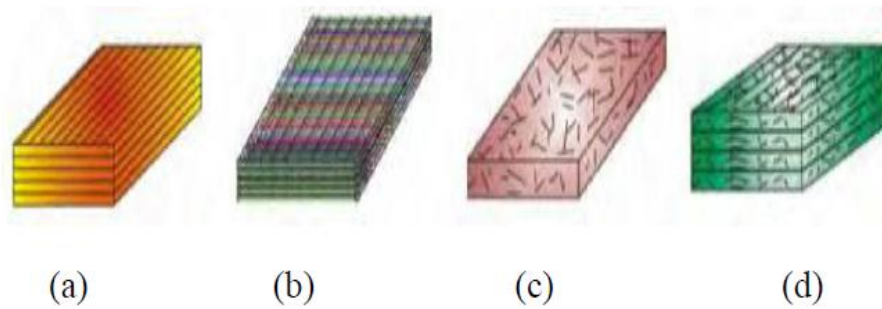
Komposit serat adalah komposit dengan material pembentuknya terdiri dari serat dan matriks. Jenis komposit ini hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat (*filler*) berupa serat. Serat yang biasanya digunakan yaitu berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, *aramid fibers (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 :

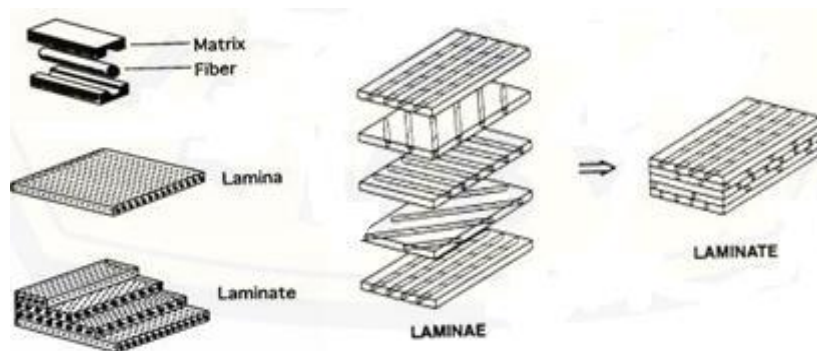
1. *Continous fiber composite* (penyusunan komposit serat secara kontinue)
2. *Woven fiber composite* (penyusunan komposit serat secara anyam)
3. *Chopped fiber composite* (penyusunan komposit serat secara pendek/acak)
4. *Hybrid composite* (penyusunan komposit serat secara kontinyu dan serat acak)



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. (Mines dkk, 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 perusakan 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 :

1. Termoset

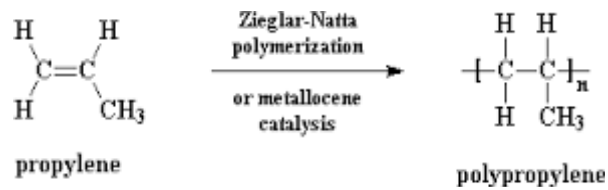
Termoset adalah jenis matrik yang sering digunakan pada komposit jenis serat maupun partikel. Matrik termoset ini memiliki sifat sulit untuk mencair atau melunak apabila dipanaskan. Hal ini disebabkan oleh ikatan molekul yang saling berhubungan sehingga saat mengalami proses pemanasan masing-masing molekul 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.

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*.

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 (<https://pslc.ws/macrog/pp.htm>)

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). Massa jenis dari polipropilen adalah 0,90-0,91 g/cm³ (Callister, 1997), modulus elastisitas yang dimiliki polipropilen adalah 1300-1800 N/mm². 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 Alam

1. 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 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, 1993).

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

Massa jenis	1,526 g/cm ³
Tegangan tarik	170 MPa
Modulus Elastisitas	6260 MPa

2 Serat Kenaf

Kenaf merupakan salah satu tanaman tropis tahunan yang memiliki batang tunggal bercabang yang terdiri atas serat pada bagian luar dan *woody core* pada bagian dalam. Tanaman kenaf dapat tumbuh hingga 5 – 6 m dengan diameter 25-35 mm dan dapat dipanen setelah berumur 5-6 bulan. Serat kenaf memiliki keunggulan yakni memiliki sifat *biodegradable* dan ramah lingkungan. Pada tahun 1950 sampai dengan pertengahan 1980 penelitian kenaf dilakukan oleh The U.S. *Department of Agricultural Research service* untuk aplikasi serat kenaf sebagai material alternatif pembuatan kertas (Bosisio, 1988).

Serat kenaf diperoleh dari kulit pohon yang terikat dengan serat *lignocellulosic*. Ukuran ikatan serat tergantung dari sel utama disetiap ikatan, yang biasanya ditunjukkan dengan kandungan *lignin*. Kandungan *lignin* dalam serat kenaf mempresentasikan jumlah sel utama disetiap ikatan serat. Serat kenaf tersusun atas 65.7 % selulosa, 21.6 % terdiri dari *lignin*, *pectin* dan komposisi lainnya. *Lignin* harus diekstraksi untuk memisahkan serat (Kaldor, 1989).

Tabel 2.2 Sifat mekanik serat kenaf (Saputra, 2017)

Massa jenis	1,45 g/cm ³
Tegangan tarik	202,39 MPa
Modulus Elastisitas	14.041 MPa

3. Serat Sisal

Sisal (*Agave sisalana Perrine*) merupakan tanaman penghasil serat dari daunnya setelah melalui proses penyeratan. Tanaman yang termasuk dalam keluarga agavaceae ini berasal dari Meksiko yang beriklim sedang, dan terus berkembang seiring dengan kemajuan kebutuhan untuk bahan baku tali temali dan industri lainnya hingga ke beberapa negara di daerah subtropis maupun daerah

daerah tropis. Pada setiap daun menghasilkan serat sebanyak sekitar 1000 ikat serat. Gambar 2.8 merupakan gambar dari tanaman sisal.

Serat sisal mengandung selulosa sebanyak 67%-74%, hemiselulosa sebanyak 10%-14%, dan lignin sebanyak 10%-14% (fernandes dkk, 2013).

Tabel 2.3 Sifat mekanik serat sisal (Subyakto dkk, 2009).

Massa jenis	1,5 g/cm ³
Tegangan tarik	510-635 MPa
Modulus Elastisitas	9,4-22 GPa

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 2.4 Sifat serat *E-glass* (Subyakto dkk, 2009).

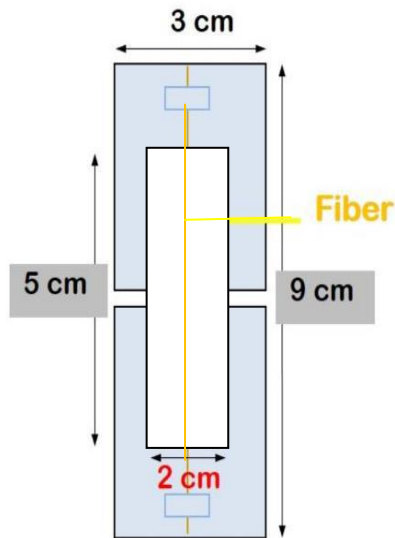
Massa jenis	2,42 g/cm ³
Kuat tarik	2400 MPa
Modulus Elastisitas	73 GPa

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. Proses alkalisasi pada serat alam dapat meningkatkan sifat mekanik pada komposit serat alam dan ikatan antara serat dan matrik (Sosiati dkk, 2016). 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.

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 tarik 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

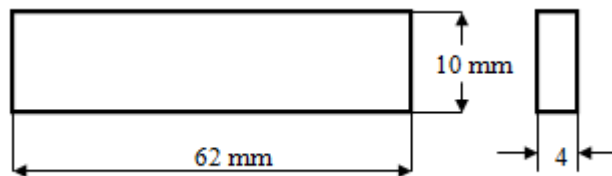
Sebelum melakukan pengujian serat tunggal posisi serat harus benar-benar merekat pada kertas sehingga dapat terbebas dari beban awal (*initial stress*). Setelah dipasang pada mesin uji dan dibuat celahnya, spesimen diberi pembebanan secara gradual hingga putus dan secara simultan grafik gaya dan perpanjangannya 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 ini menggunakan teknik metode charpy yang mana spesimen dipasang secara horizontal dengan kedua ujungnya berada pada tumpuan, sedangkan takikannya pada spesimen diletakkan ditengah-tengah dengan arah pembebanan tepat diatas takikan, ada beberapa faktor dalam pemilihan pengujian charpy yaitu dapat dilakukan pada suhu ruang dan digunakan

pada spesimen yang kecil, pengerjaannya yang lebih mudah, dan menghasilkan tegangan yang uniform disepanjang penampang serta pengujian charpy lebih akurat dibandingkan dengan pengujian izod, sedangkan pada metode *izod* dinilai memiliki lebih banyak kekurangan seperti pembebanan yang dilakukan hanya pada satu ujungnya sehingga hasil yang diperoleh kurang baik. (Suyatno dkk, 2015). Berikut ini adalah spesimen uji impak *charpy* yang digunakan sesuai dengan standar ASTM D 5942 pada komposit polimer.



Gambar 2.8 Dimensi Spesimen Uji Impak ASTM D 5942

Dalam pengujian impak terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi besar kecilnya kekuatan 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 :

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

Keterangan :

W = Energi yang diserap benda uji (J)

G = berat pendulum (N)

R = jarak pendulum ke pusat rotasi (m)

β = sudut pendulum setelah menabrak benda uji ($^{\circ}$)

α = sudut pendulum tanpa benda uji ($^{\circ}$)

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

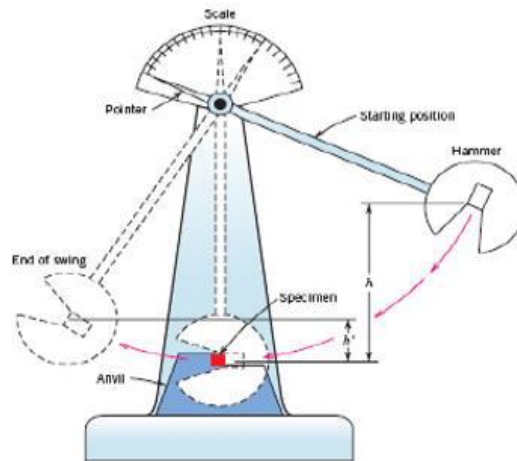
$$I_s = \frac{W}{t \times l}$$

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)

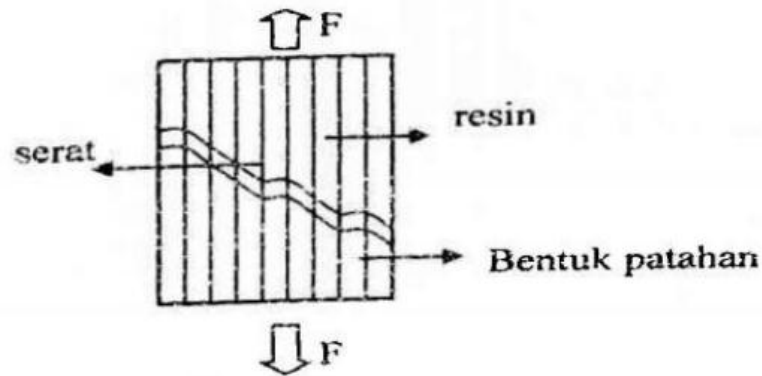
2.2.9 Karakteristik Patahan Pada Material Komposit

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

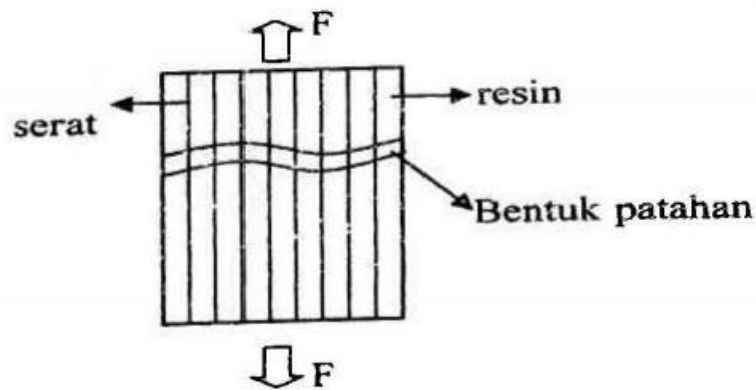
keserat yang lain maka jumlah serat yang putus semakin banyak. Patahan terjadi lebih dari satu bidang.



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

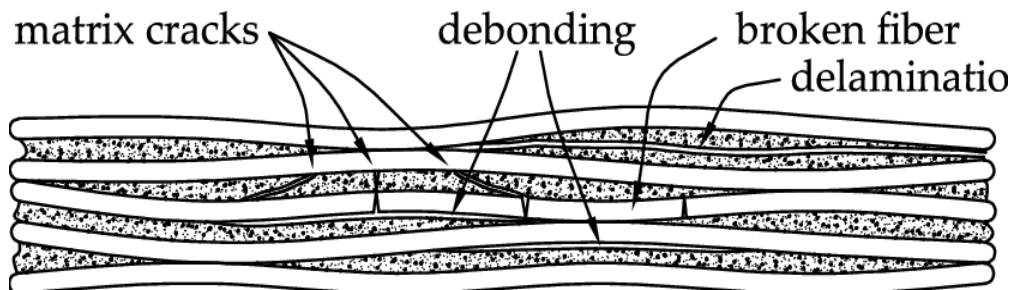


Gambar 2.11 Patah Tunggal (Schwartz, 1984)

c. Delaminasi

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

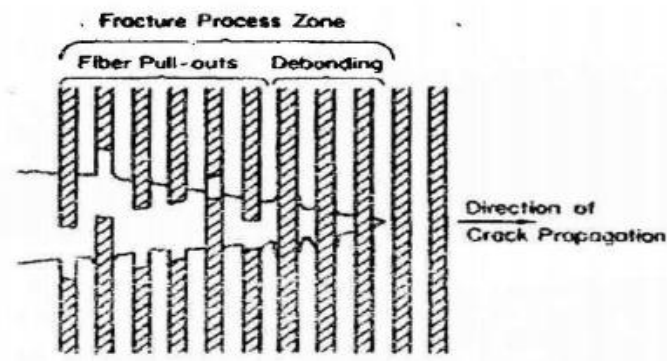
gaya adhesi antara penguat dan matriks yang lemah. Selain itu kemampuan matriks untuk mengisi ruang antara serat juga menjadi pengaruhnya.



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 keserat 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, dampak dan bending. (Lokantara dan Suardana, 2009). Persamaan yang digunakan untuk menghitung presentase daya serap air adalah sebagai berikut :

$$W_g = \frac{W_e - W_o}{W_o} \times 100\% \quad (\text{ASTM D 570})$$

Keterangan :

W_g = Presentase pertambahan berat komposit (%)

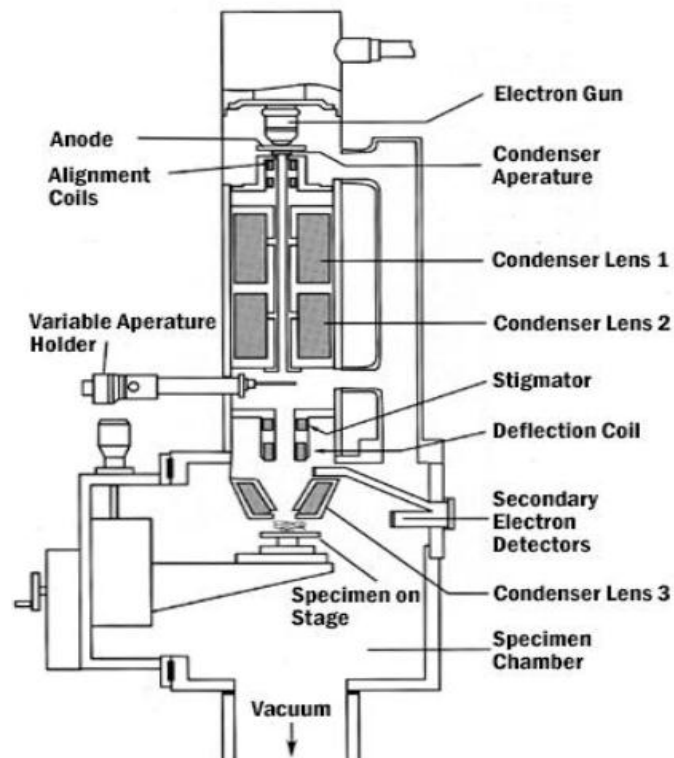
W_e = Berat komposit setelah perendaman (gram)

W_o = Berat komposit sebelum perendaman (gram)

2.2.11 Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan alat yang digunakan untuk mekarakterisasi suatu patahan hasil uji mekanis. *Scanning Electron Microscope* (SEM) mikroskop elektron yang digunakan untuk mengamati detil permukaan suatu struktur mikroskopi dari sebuah objek, dan mampu menampilkan pengamatan objek tersebut secara 3 dimensi. SEM didesain untuk keperluan pengamatan suatu permukaan objek dengan ukuran mikron secara langsung pada perbesaran 10 – 3.000.000 kali sesuai kebutuhan.

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.

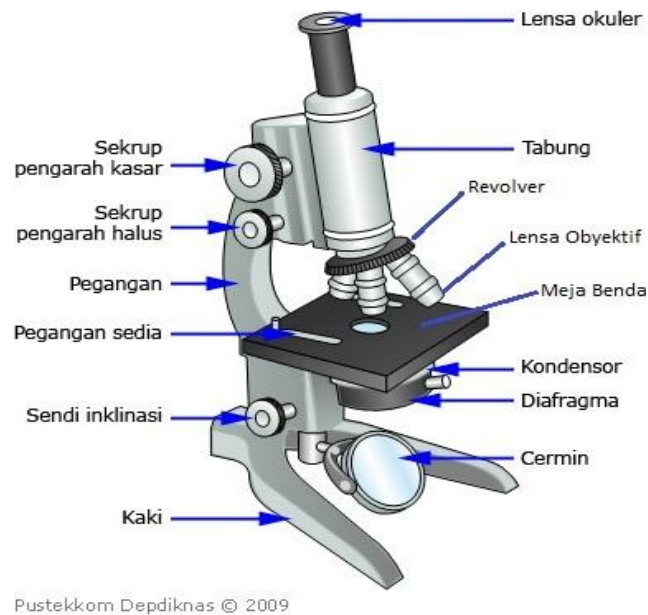


Gambar 2.14 Komponen pada SEM (Radetic, 2011)

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 2.14 menunjukkan bagian-bagian pada SEM.

2.2.12 Mikroskop Optik

Mikroskop optik merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengamati dan mempelajari mikrostruktur dari suatu objek cuplikan seperti keadaan mikrostruktur pada butiran atau batas butir suatu logam, fasa serta distribusi fasanya. Pengamatan metalografi menggunakan mikroskop optik pada dasarnya menggunakan bantuan cahaya refleksi atau cahaya polarisasi.



Gambar 2.15 Komponen pada mikroskop optik (Depdiknas, 2009)

Mikroskop optik terdiri dari beberapa bagian komponen yang sangat penting seperti lensa obyektif, okuler, kondensor, filter cahaya dan daya resolusi. Lensa objektif terletak dibagian bawah berdekatan dengan benda yang akan diamati, sedangkan lensa okuler terletak dibagian atas yang berdekatan dengan mata. Apabila sebuah benda yang akan diamati diletakkan dengan lensa objektif, maka akan membentuk bayangan nyata yang diperbesar. Letak bayangan tersebut terdapat di dalam tabung mikroskop, yaitu lensa okuler dan titik api lensa okuler. Lensa okuler menganggap bayangan sebagai suatu benda dan sebagai hasilnya adalah bayangan maya yang jauh lebih besar dari bayangan sebelumnya dan dapat dilihat oleh mata yang berada diatas lensa okuler. Komponen-komponen tersebut masing-masing memiliki fungsi dan kegunaan. Lensa obyektif berfungsi memperbesar bayangan pertama dari suatu cuplikan. Lensa okuler berfungsi memperbesar bayangan yang telah diperbesar oleh lensa obyektif, sedangkan lensa kondensor berfungsi memfokuskan cahaya yang datang dari sumber.