II. KAJIAN PUSTAKA

A. Komposit

Di dalam dunia industri kata komposit berarti penggabungan atau pencampuran antara dua atau lebih bahan yang berbeda menjadi satu. Bahan komposit terdiri dari dua fase yaitu matriks dan fasa terdispersi. Matriks berfungsi sebagai pengikat serat, sedangkan fasa terdispersi berupa serat. Serat inilah yang dapat menentukan karakteristik sifat mekanis dan fisis dari komposit yaitu kekuatan, kekakuan, keuletan, kelenturan, dan lain sebagainya. (Tata Surdia, 1992).

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) sebagai bahan pengisi dan matriks sebagai bahan pengikat serat. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya.

Sebagai bahan pengisi, serat digunakan untuk menahan gaya yang bekerja pada bahan komposit, matriks berfungsi melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik terhadap gaya-gaya yang terjadi. Oleh karena itu untuk bahan serat digunakan bahan yang kuat, kaku dan getas, sedangkan bahan matriks dipilih bahan-bahan yang liat, lunak dan tahan terhadap perlakuan kimia.

Penggabungan dua material atau lebih tersebut ada dua macam, yaitu :

1) Penggabungan Makro

   Ciri-ciri penggabungan makro adalah :

   a. Dapat dibedakan secara langsung dengan cara melihat.
   b. Penggabungannya lebih secara fisis dan mekanis.
   c. Penggabungannya dapat dipisahkan secara fisis ataupun secara mekanis.

2) Penggabungan Mikro

   Ciri-ciri penggabungan mikro adalah :

   a. Tidak dapat dibedakan dengan cara melihat secara langsung.
   b. Penggabungannya lebih secara kimiawi.
   c. Penggabungannya tidak dapat dipisahkan secara fisis dan mekanis, tetaou dapat dilakukan dengan cara kimiawi. (Aruma Arifu, 2010)

Oleh karena itu, komposit dibuat dengan cara penggabungan makro, karena kita dapat melihat secara kasat mata perbedaan antara *fiber* dan matriksnya.

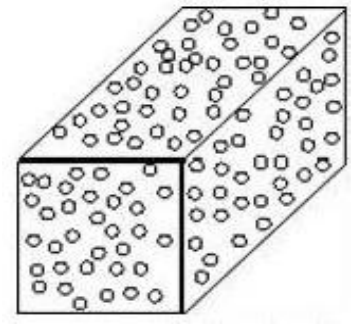
Maka material komposit dapat didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda dalam bentuk dan atau komposisi material, dan pada dasarnya tidak dapat dipisahkan. (Schwartz, 1984)

B. Klasifikasi Komposit

Komposit dibedakan menjadi 4 kelompok menurut bentuk struktur dari penyusunnya, yaitu :

a. Komposit Partikel (*Particulate Composites*)

Komposit pertikel adalah salah satu jenis komposit dimana dalam matriksnya ditambahkan material lain berupa serbuk/butir. Dalam komposit material penambah terdistribusi secara acak atau kurang terkontrol daripada komposit serpih. Sebagai contoh adalah beton.

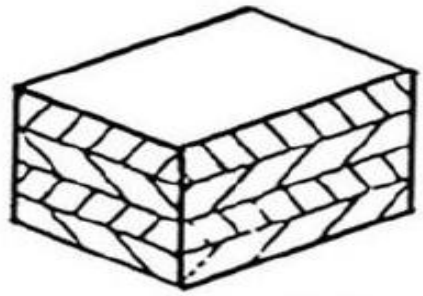


Gambar 1. Komposit Partikel (Schwartz, 1984)

b. Komposit Lapis

Komposit lapis merupakan jenis komposit dengan susunan dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu, dimana masing-masing lapisan tersebut

dapat berbeda-beda dalam hal material, bentuk, dan orientasi penguatannya.



Gambar 2. Komposit Lapis (Schwartz, 1984)

Untuk menghitung kekuatan serat dan kekuatan matrik pada komposit lapis, digunakan rumus sebagai berikut :

$$\sigma c = Vf \,.\, \sigma f + Vm\,(1 - Vf) \;\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Dimana :

σc = kekuatan komposit

Vf = volume *fiber*

σf = kekuatan *fiber*

Vm = volume matriks

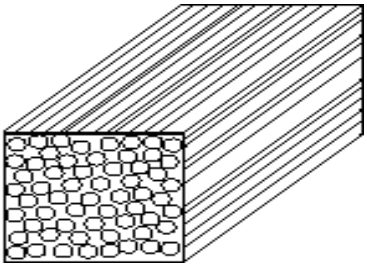
c. Komposit serat (*Fibre Composites*)

Merupakan komposit yang hanya terdiri dari satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat. Serat yang digunakan dapat berupa serat gelas, serat karbon, dan lain sebagainya. Serat ini disusun secara acak maupun secara orientasi tertentu bahakan dapat juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. (Schwartz, 1984)

Komposit serat dapat dibagi berdasarkan penempatannya, yaitu:

1) *Continous Fibre Composite*

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

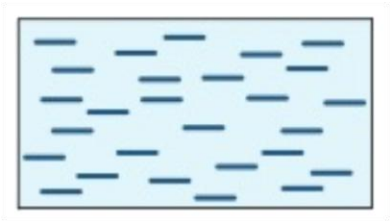


Gambar 3. *Continous Fibre Composites* (Gibson, 1994)

2) *Discontinous Fibre Composites*

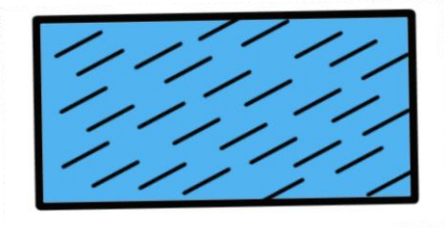
   Discontinous Fibre Composites adalah tipe komposit dengan serat pendek. Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3, yaitu :

   - *Aligned discontinuous fibre*



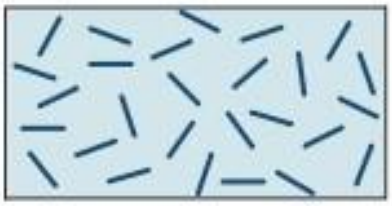
Gambar 4. *Aligned discontinous fibre* (Gibson, 1994)

   - *Off-axis aligned discontinuous fibre*



Gambar 5. *Off-Axis discontinous fibre* (Gibson, 1994)

- *Randomly oriented discontinuous fibre*



Gambar 6. *Randomly oriented discontinous fibre* (Gibson, 1994)

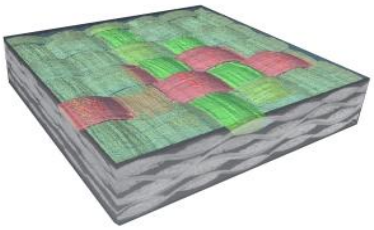
- *Hybrid fibre composites*

  Hybrid fibre composites merupakan komposit gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Tipe ini dugunakan supaya dapat mengganti kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihannya.

Gambar 7. *Hybrid fibre composite* (Gibson, 1994)

3) *Woven Fibre Composites (bi-directional)*

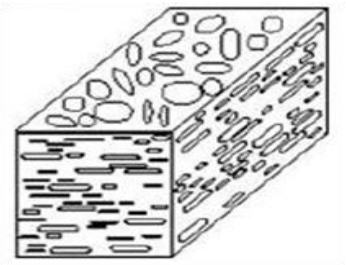
Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar lapisan. Susunan serat memanjanganya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan melemah.



Gambar 8. *Woven Fibre Composites* (Gibson, 1994)

d. Komposit Serpih (*Flake Composites*)

Komposit serpih adalah komposit dengan penambahan material berupa serpih kedalam matriksnya. Serpih dapat berupa serpihan mika, *glass* dan metal.



Gambar 9. Komposit Serpih (Schwartz, 1984)

e. Faktor yang Mempengaruhi Sifat – sifat Mekanik Komposit

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi performa komposit, baik dari faktor serat penyusunnya, maupun faktor matriksnya, yaitu :

1) Faktor Serat

- Letak Serat
  - *One dimensional reinforcement,* mempunyai kekuatan pada arah axis serat.
  - *Two dimensional reinforcement (planar),* mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing-masing arah orientasi serat.
  - *Three dimensional reinforcement,* mempunyai sifat *isotropic*, kekuatannya lebih tinggi dibanding dengan dua tipe sebelumnya.

- Panjang Serat

  Serat panjang lebih kuat dibandingkan dengan serat pendek. Oleh karena itu panjang dan diameter sangat berpengaruh pada kekuatan maupun modulus komposit. Serat panjang (*continous fibre*) lebih efisien dalam peletakannya daripada serat pendek.

- Bentuk Serat

  Bentuk serat tidak mempengaruhi, yang mempengaruhi adalah diameter seratnya. Semakin kecil diameter serat, maka akan menghasilkan kekuatan komposit yang tinggi.

2) Faktor Matriks

   Matriks sangat berpengaruh dalam mempengaruhi performa komposit. Tergantung dari matriks jenis apa yang dipakainya, dan untuk tujuan apa dalam pemakaian matriks tersebut.

3) *Hardener*

   Hardener digunakan untuk membantu proses pengeringan (*curring*) pada bahan matriks suatu komposit. Penggunaan *hardener* yang berlebihan akan semakin mempercepat proses laju pengeringan.

f. Kelebihan Material Komposit

Material komposit mempunyai beberapa kelebihan berbanding dengan bahan konvensional seperti logam. Kelebihan tersebut pada umumnya

dapat dilihat dari beberapa sudut yang penting seperti sifat-sifat mekanik, fisik dan biaya. Seperti yang diuraikan dibawah ini :

1) Sifat Mekanik dan Fisik

   Pada umumnya pemilihan bahan matriks dan serat memainkan peranan penting dalam menentukan sifat-sifat mekanik dan sifat komposit. Gabungan matriks dan serat dapat menghasilkan komposit yang mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi dari bahan konvensional.seperti besi baja.

2) Biaya

   Faktor biaya juga memainkan peranan yang sangat penting dalam membantu perkembangan industri komposit. Biaya yang berkaitan erat dengan penghasilan suatu produk yang seharusnya memperhitungkan beberapa aspek seperti biaya bahan mentah, proses pembuatan, upah tenaga kerja, dan sebagainya.

g. Kekurangan Material Komposit

Selain kelebihan yang dimiliki, komposit juga memiliki beberapa kekurangan, antara lain :

1) Tidak tahan terhadap beban *shock* (kejut) dan *crash* (tabrak) jika dibandingkan dengan metal.
2) Kurang elastis.
3) Lebih sulit dibentuk secara plastis.

C. Serat

Serat merupakan salah satu material rancang bangun paling tua. *Jute*, *flax*, dan *hemp* telah digunakan untuk mengahasilkan produk seperti tali tambang, jarring, *cordage*, *water hose*, dan *container* sejak dahulu kala. Serat tumbuhan dan binatang masih banyak digunakan untuk felts, kertas atau kain tebal.

Serat dan *fiber* dalam bahan komposit berperas sebagai bahan utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan serat pembentuknya. Semakin kecil bahan atau diameter serat yang mendekati Kristal, maka semakin kuat bahan tersebut, karena minimnya cacat pada material. (Triyono & Diharjo, 2003)

a. Macam – Macam Jenis Serat

Serat dalam kajian sebagai bahan penguat komposit dapat dibagi menjadi dua, yaitu serat alam dan serat sintetis. Serat alam dan sitetis banyak jenis dan klasifikasinya. Serat alam adalah serat yang didapatkan dari alam seperti tanaman-tanaman, buah dan sebagainya. Serat alam yang sering digunakan adalah serat pisang, kapas, wol, serat nanas, serat rami dan serat sabut kelapa. Sedangkat serat sintetis adalah serat yang dapat didaur ulang atau dapat di perbaharui oleh manusia. Contoh serat alam yang sering digunakan diantaranya adalah plastic, *nylon*, *acrylic*, dan rayon dan sebagainya.

Tabel 1. Klasifikasi serat – serat tekstil (Surdia, 1999)

NO	Serat	Jenis
1.	Serat kimia atau serat buatan	Serat regenerasi
		Serat sintetis
		Serat anorganik
2.	Serat alam	Serat tumbuhan
		Serat binatang
		Serat galian atau asbes

Terdapat perbedaan antara serat alam dan serat sintetis, antara lain :

1) Kehomogenan

Serat sintetis memiliki sifat yang lebih homogen dibandingkan dengan serat alam, karena serat sintetis ini memang sengaja dibuat dengan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya, sedangkan serat alam memang serat yang sudah tersedia di alam, maka yang didapat adalah yang sesuai dengan yang tersedia di alam.

2) Kekuatan

Pada umumnya serat sintetis memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan serat alam, karena serat sintetis ini memang telah direncanakan akan memiliki kekuatan tertentu setelah dilakukan proses produksi, sedangkan serat alam kekuatannya hanya tergantung

dari yang tersedia di alam, sehingga kita yang harus menyesuaikan untuk menggunakannya pada kepentingan tertentu.

3) Kemampuan untuk diproses

Serat sintetis memiliki kemampuan untuk diproses yang lebih tinggi dibandingkan serat alam, karena serat sintetis ini memang dibuat di pabrik sehingga dirancang agar dapat diproses lagi untuk keperluan pembuatan material tertentu.

4) Pengaruh terhadap lingkungan

Serat alam lebih bersifat ramah lingkungan dibandingkan serat sintetis, karena serat ini berasal dari alam, sehingga dapat dengan mudah terurai di alam.

5) Harga

Jika tidak mempertimbangkan kesulitan dalam mengambil serat alam, maka serat sintetis memiliki harga yang lebih mahal, karena serat sintetis ini harus melewati proses produksi yang memerlukan biaya, berbeda dengan serat alam yang sudah tersedia di alam. (Anonym, 2009)

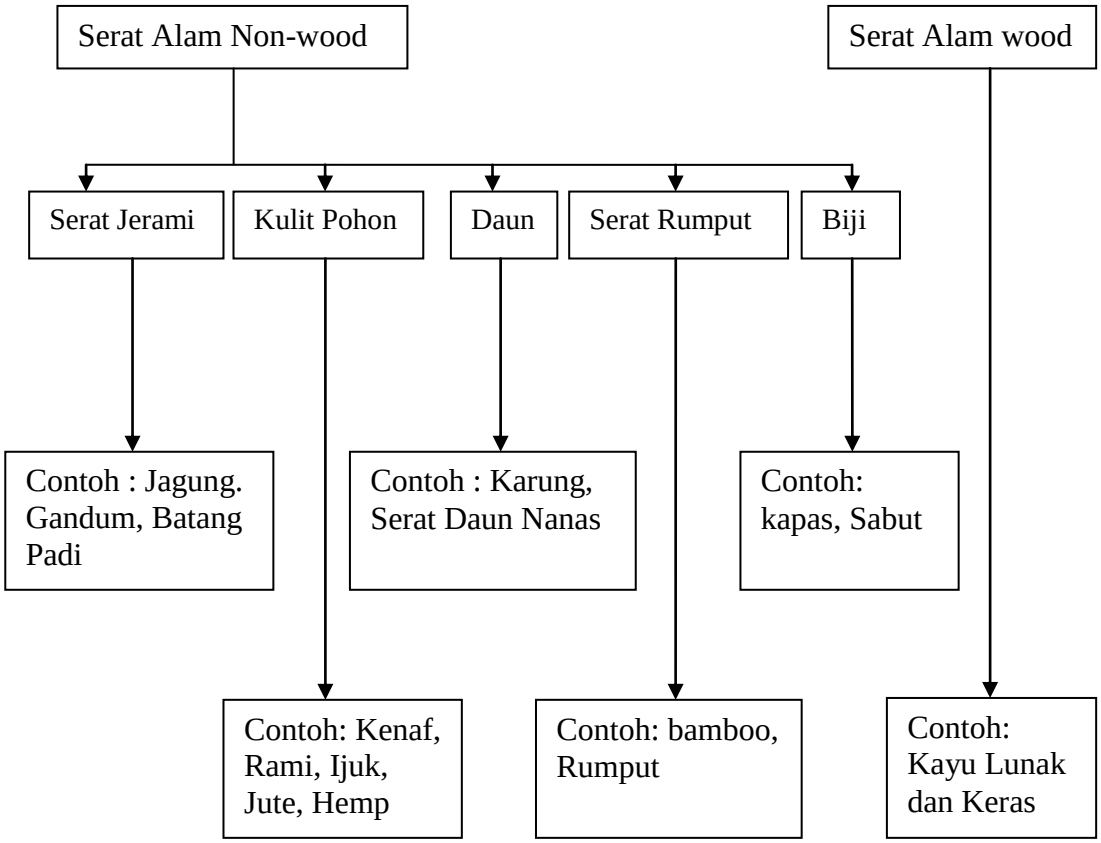
b. Serat Alam

Serat alam adalah serat yang banyak diperoleh di alam sekitar, yang berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti serat pelepah pisang, bambu,

rosella, nanas, kelapa, dan ijuk. Saat ini serat alam mulai mendapatkan perhatian serius dari para ahli marerial komposit karena :

1) Serat alam memiliki kekuatan spesifik yang tinggi karena serat alam memiliki massa jenis yang rendah.

2) Serat alam mudah diperoleh dan merupakan sumber daya alam yang dapat diolah kembali, harganya relative murah, dan tidak beracun. Serat alam seperti ijuk, sabut kelapa, sisal, jerami, dan nanas merupakan hasil alam yang banyak tumbuh di Indonesia.



Gambar 10. Klasifikasi Jenis Serat Alam (Thi Thu Loan, 2006)

c. Serat Ijuk

Serat ijuk adalah serat alam yang berasal dari pohon aren. Dilihat dari bentuk pada umumnya, bentuk serat alam tidaklah homogeny. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan dan pembentukan serat tersebut bergantung pada lingkungan alam dan musim tempat serat tersebut tumbuh. Aplikasi serat ijuk masih dilakukan secara tradisional, diantaranya sebagai bahan tali menali, pembungkus pangkal kayu-kayu bangunan yang ditanam dalam tanah untuk mencegah serangan rayap, penahan getaran pada rumah adat Karo, saringan air, dan lain-lain. Kegunaan tersebut didukung oleh sifat ijuk yang elastis, keras, tahan air, dan sulit dicerna oleh organism perusak. (Christiani, 2008)

Pemilihan serat ijuk sebagai bahan pengisi komposit pada penelitian ini adalah karena :

1) Serat ijuk tahan lama hingga ratusan, bahkan sampai ribuan tahun [Kompas, Jumat 24 Juli 2009].
2) Tahan terhadap asam dan garam air laut.
3) Tahan terhadap bahan-bahan kimia.
4) Sifat materialnya lebih baik juka dibandingkan dengan serat sabut kelapa (Widodo, 2008)

D. Matriks

Matriks dalam struktur komposit dapat berasal dari bahan polimer atau logam. Syarat pokok matriks yang digunakan dalam komposit adalah matriks

harus bisa meneruskan beban, sehingga serat harus bisa melekat pada matriks dan kompatibel antara serat dan matriks. Matriks dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik. Selain itu, matriks juga bergungsi sebagai pelapis serat. Umumnya matriks terbuat dari bahan-bahan lunak dan liat. (Gibson, 1994)

Persyaratan di bawah ini perlu dipenuhi sebagai bahan matriks untuk pencetakan bahan komposit :

1. Resin yang dipakai perlu memiliki viskositas rendah, dapat sesuai dengan bahan penguat dan *permeable*.
2. Dapat diukur pada temperatur kamar dalam waktu yang optimal.
3. Mempunyai penyusutan yang kecil pada pengawetan.
4. Memiliki kelengketan yang baik dengan bahan penguat (*fiber*).
5. Mempunyai sifat baik dari bahan yang diawetkan. (Surdia, 2000)

Sebagai bahan penyusun utama dari komposit, matriks harus mengikat penguat (serat) secara optimal agar beban yang diterima dapat diteruskan secara optimal oleh serat secara maksimal. Matriks berfungsi untuk :

1. Melindungi dari pengaruh lingkungan yang merugikan.
2. Mencegah permukaan serat dari gesekan mekanik.
3. Memegang dan mempertahankan posisi agar serat tetap pada posisinya.
4. Mendistribusikan sifat-sifat tertentu bagi komposit, yaitu : keuletan, ketangguhan dan ketahanan panas. (Diharjo, 2003)

a. Bahan Pembuat Matriks

Ada beberapa macam bahan matriks yang sering digunakan dalam komposit, antara lain [Diharjo, 2003] :

1) Matriks Polimer

Ada dua macam polimer, yaitu *thermoplastik* dan *thermoset*.

- Resin *Thermoplastik*

  Resin *thermoplastik* merupakan bahan yang dapat lunak apabila dipanaskan dan mengeras jika didinginkan. Jika dipanaskan akan menjadi lunak dan dapat kembali ke bentuk semula karena molekul-molekulnya tidak mengalami *cross linking* (ikat silang).

  Contoh resin *thermoplastik* adalah :

  - *Poly Propylene* (PP)

    Merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas propilena. PP mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia yang tinggi, namun ketahanan pukul (*impact*)-nya rendah. Contoh produk : Peralatan yang berhubungan dengan bahan-bahan kimia [Mujiarto, 2005].

  - Poliamida (*Nylon*)

    Nylon merupakan istilah yang digunakan terhadap poliamida yang mempunyai sifat-sifat dapat dibentuk serat, film dan plastik. Contoh produk : speedometer, gear, dan pelampung tangki bahan bakar [Mujiarto, 2005].

- *Poly Etylene* (PE)

  Merupakan keluarga *polyester* seperti PC. Mempunyai sifat-sifat yang kekuatannya tinggi, kaku, dimensinya stabil, tahan bahan kimia dan panas, serta mempunyai sifat elektrikal yang baik. Contoh produk : botol air mineral, kemasan minyak makan dan kemasan *soft drink* [Mujiarto, 2005].

- *Poly Vinyl Chlorida* (PVC)

  Merupakan hasil polimerisasi monomer vinil klorida dengan bantuan katalis. Pemilihan katalis tergantung pada jenis proses polimerisasi yang digunakan. Contoh produk : Isolasi kabel listrik, pipa, dan tube [Mujiarto, 2005].

- *Poly Styrene* (PS)

  Adalah hasil polimerisasi dari monomer-monomer stirena, dimana monomer stirena-nya didapat dari hasil proses dehidrogenisasi dari etil benzene (dengan bantuan katalis). Contoh produk : koil, pelindung kapasitor, dan keperluan radar [Mujiarto, 2005].

- Resin *Thermoset*

  Resin *thermoset* merupakan bahan yang tidak dapat mencair atau lunak kembali apabila dipanaskan. Resin *thermoset* tidak dapat didaur ulang karena telah membentuk ikatan silang antara rantai-

rantai molekulnya. Sifat mekanisnya bergantung pada unsur molekuler yang membentuk jaringan, rapat serta panjang jaringan silang [Humaidi, 1998].

Ada beberapa macam jenis resin *thermoset*, yaitu :

- *Epoxy*

  Sering dipakai untuk bahan pembuat komposit. Dapat direkayasa untuk menghasilkan sejumlah produk yang berbeda, hal inilah yang membuat kinerja dari epoxy semakin naik. [http://www.mdacomposites.org/mda/psgbridge_CB_Materials2_Resins.html].

- *Polyester*

  Matriks *polyester* paling banyak digunakan, terutama untk aplikasi konstruksi ringan, selain itu harganya pun murah. Resin ini mempunyai karakteristik yang khas, yaitu dapat diwarnai, transparan, dapat dibuat kaku dan fleksibel, tahan air, tahan cuaca dan bahan kimia. *Polyester* dapat digunakan pada suhu kerja mencapai 79°C atau lebih tergantung partikel resin dan keperluannya [Schwartz, 1984].

- *Vinyl Ester*

  Dikembangkan untuk menggabungkan kelebihan dari resin *epoxy*. *Vinyl Ester* mempunyai ketangguhan mekanik dan

ketahanan korosi yang sangat baik. Contoh produk : pembuatan chip elektronik, fasilitas pengolahan kimia dan pabrik pengolahan air [http://www.mdacomposites.org].

2) Matriks Logam

Matriks penyusunnya merupakan suatu logam seperti alumunium. Penggunaan matriks logam bisaanya sebagai bahan untuk pembuatan komponen otomotif, seperti blok silinder, *pully*, poros, garda, dan lain-lain [Gibson, 1994].

3) Matriks Keramik

Digunakan pada lingkungan bertemperatur sangat tinggi, bahan ini menggunakan keramik sebagai matriks dan diperkuat dengan serat pendek, atau serabut-serabut (*whiskers*) dimana terbuat dari silikon karbida atau boron nitride [Ellyawan, 2008]. Misalnya : SiC dan SiN yang sampai tahan pada temperatur 1650°C [Hartanto, 2009].

4) Matriks Karet

Karet adalah polimer bersistem *cross linked* yang mempunyai kondisi semi kristalin dibawah temperature kamar.

5) Matriks Karbon

Fiber yang direkatkan dengan karbon sehingga terjadi karbonisasi.

b. Matriks *Epoxy*

Resin *epoxy* umumnya dikenal dengan sebutan bahan *epoxy*. Bahan *epoxy* adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok *thermoset*. Bahan *epoxy* mempunyai sifat tidak bisa meleleh, tidak bisa diolah kembali, dan atomnya berikatan kuat sekali. *Epoxy* sangat baik sebagai bahan matriks pada pembuatan bahan komposit. Secara umum *epoxy* mempunyai karakteristik sebagai berikut :

1) Mempunyai kemampuan mengikat paduan metalik yang baik. Kemampuan ini disebabkan oleh adanya gugus hidroksil yang memiliki kemampuan membentuk ikatan hydrogen.
2) Ketangguhan, kegunaan *epoxy* sebagai bahan matriks dibatasi oleh ketangguhan yang rendah dan cenderung rapuh.

Proses pengerasan terjadi jika polimer *epoxy* resin dicampurkan dengan *hardener*-nya. Resin *epoxy* mengeras lebih cepat pada selang temperatur 5°C sampai 150°C. Namun hal ini bergantung pula pada jenis *hardener* yang digunakan. Jika dilihat dari segi waktu yang dibutuhkan untuk proses pengerasan, maka *epoxy* ini lebih lambat. Di bawah ini ditunjukkan spesifikasi matriks *epoxy*, sebagai berikut :

Tabel 2. Spesifikasi matriks epoksi. (Surdia, 2000)

Sifat – sifat	**Satuan**	**Nilai Tipikal**
Massa Jenis	Gram/cm³	1,17
Penyerapan air (suhu	°C	0,2

ruang)		
Kekuatan tarik	Kgf/mm²	5,95
Kekuatan tekan	Kgf/mm²	14
Kekuatan lentur	Kgf/mm²	12
Temperatur pencetakan	°C	90

Berikut ini adalah kelebihan dan kekurangan resin jenis *epoxy* :

Tabel 3. Kelebihan dan kekurangan resin epoksi. (Yandri, 2010)

Kelebihan	**Kekurangan**
Ringan, sehingga dapat menurunkan biaya instalasi	Mudah mengalami proses penuaan (*aging*) dan degradasi pada permukaan akibat adanya *stress* listrik dan termal.
Tahan polusi	Proses pembuatan lebih mahal dibandingkan dengan isolator keramik dan gelas
Bersifat hidrofobik	Bersifat getas
Membutuhkan waktu yang singkat dalam proses pembuatan	
Memiliki kekuatan dielektrik yang baik.	

Jika dibandingkan dengan resin jenis *polyester*, resin *epoxy* memiliki kekuatan rekatan yang bagus karena adanya gugusan hidroksil polar dan eter dalam rumus kimianya. (Kartini, 2002)

E. Uji *Bending*

Pengujian lengkung merupakan salah satu pengujian sifat mekanik bahan yang dilakukan terhadap spesimen dari bahan baik bahan yang akan digunakan sebagai konstruksi atau komponen yang akan menerima pembebanan lengkung maupun proses pelengkungan dalam pembentukan. Pelengkuan *(bending)* merupakan proses pembebanan terhadap suatu bahan pada suatu titik ditengah-tengah dari bahan yang ditahan diatas dua tumpuan.

Pengujian lengkung beban ialah pengujian lengkung yang bertujuan untuk mengetahui aspek-aspek kemampuan bahan uji dalam dalam menerima pembebanan lengkung, yakni :

1. Kekuatan atau tegangan lengkung (σ)
2. Lenturan atau defleksi (δ) Sudut yang terbentuk oleh lenturan atau sudut defleksi dan
3. Elastisitas (E) (Prayoga, 2012)

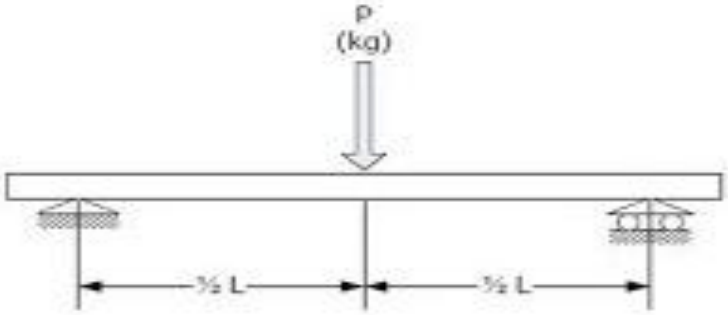
Pengujian Kekuatan *Bending* dapat dilakukan dengan *Metode Three Point Bending* atau *Metode Four Point Bending* menurut kondisi dari benda uji yang dipergunakan. Biasanya pada benda uji dengan kerataan yang kurang begitu sempurna dilakukan dengan *Metode Three Point Bending*, akan tetapi

dengan hasil yang kurang maksimal apabila dipergunakan *Metode Four Point Bending*. Hal ini disebabkan terjadi konsentrasi pembebanan pada *Metode Three Point Bending*.

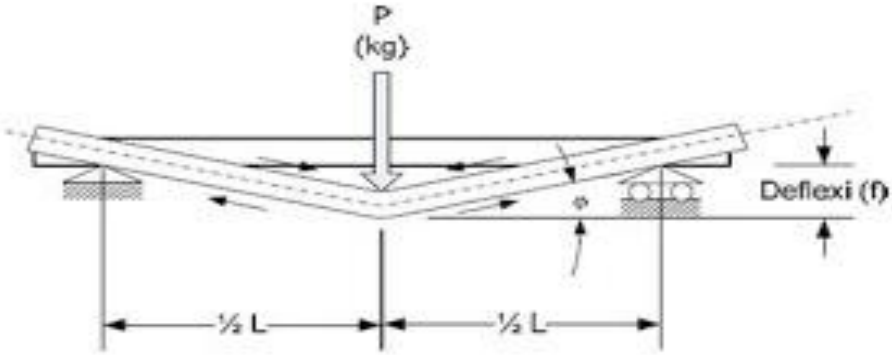
a. Metode *Three Point Bending*

Pada three point bending, spesimen atau benda dikenai beban pada satu titik yaitu tepat pada bagian tengah batang (½ L). Pada metode ini material harus tepat berada di ½ L, agar mendapatkan momen maksimum karena saat mecari σ dibutuhkan momen maksimum tersebut.

Berikut ini adalah ilustrasi dari pengujian kekuatan bending dengan *Metode Three Point Bending*.

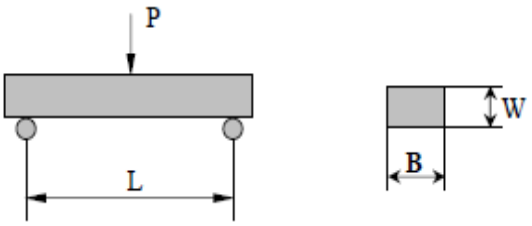


Gambar 11. Pembebanan lengkung *Three point bending*
(Riski Prayoga, 2012)



Gambar 12. Pengaruh pembebanan lengkung terhadap bahan uji
(Riski Prayoga, 2012)

Sebagaimana perilaku bahan terhadap pembebanan, semua bahan akan mengalami perubahan bentuk (deformasi) secara bertahap dari elastis menjadi plastis hingga akhirnya mengalami kerusakan (patah). Dalam proses pembebanan lengkung dimana dua gaya bekerja dengan jarak tertentu (1/2L) serta arah yang berlawanan bekerja secara beramaan, maka Momen lengkung (Mb) itu akan bekerja dan ditahan oleh sumbu batang tersebut atau sebagai momen tahanan lengkung (Wb).



Gambar 13. Bentuk spesimen untuk pengujian kekuatan *bending*
(Riski Prayoga, 2012)

Setelah dilakukan pengujian *bending*, untuk mendapatkan Angka Kekuatan *Bending* digunakan persamaan berikut:

$$\sigma_{MOR} = \frac{3\ \mathrm{PL}}{2\ \mathrm{BW}^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

Dengan:

P = Gaya pembebanan (N)

L = Jarak antar tumpuan (mm)

B = Lebar spesimen (mm)

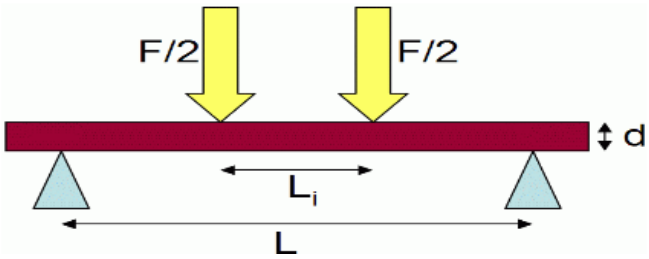
W = Tinggi spesimen (mm)

Dengan pembebanan ini bahan akan mengalami deformasi dengan dua buah gaya yang berlawanan bekerja pada saat yang bersmaan. Gambar

dibawah ini memperlihatkan prilaku bahan uji selama pembebanan lengkung.

b. Metode *Four Point Bending*

Pada *four point bending*, benda kerja dikenai beban pada dua titik, yaitu pada ⅓L dan ⅔L. Pembebanan menggunakan *four point bending* lebih baik dari pada menggunakan *Three point bending* ini dikarenakan adanya rentang pada spesimen yang menyebabkan tegangan geser = 0. Ilustrasi pengujian dapat dilihat di gambar berikut :



Gambar 14. Pembebanan lengkung *four point bending* (Carli, 2012)

Besar kekuatan *bending* tergantung pada jenis material dan pembebanan. Akibat pengujian *bending*, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangantarik. Dalam material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi dari pada kekuatan tariknya. Karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima, spesimen tersebut akan patah, hal tersebut mengakibatkan kegagalan pada pengujian komposit. Kekuatan bending pada sisi bagian atas sama nilai dengan kekuatan bending pada sisi bagian bawah. Pengujian dilakukan dengan metoda *four point bending* dengan standard ASTM D 6272.

Pada perhitungan kekuatan metode four point bending, digunakan persamaan :

$$\sigma = \frac{3\ \mathrm{FL}}{4\ bd^2} \quad \text{.....(3)}$$

Dimana :

σ = Tegangan bending (MPa)

F = Beban (N)

L = Panjang Span (mm)

b = Lebar spesimen (mm)

d = tebal spesimen (mm)

Sedangkan untuk mencari modulus elastisitas bending menggunakan rumus :

$$E = \frac{11\ FL^3}{32\ bd^3\ \delta} \quad \text{.....(4)}$$

Dimana :

E = Modulus elastisitas (MPa)

F = Beban (N)

L = Panjang Span (mm)

b = Lebar spesimen (mm)

d = Tebal spesimen (mm)

δ = Defleksi (mm) (Carli, 2012)

c. Kekuatan *Bending* komposit serat alam

Penelitian yang dilakukan oleh Jonathan Oroh, dkk mengenai Analisis sifat mekanik material komposit dari serat sabut kelapa. Sebagian serat sabut

kelapa di rendam dengan NaOH 5% selama 2 jam dan serat dicuci dalam air biasa dan sebagian serat di rendam dalam air (H_2O), setelah itu dikeringkan sampai kering. Serat dipotong sesuai ukuran spesimen lalu diletakkan di dalam dicetakkan. Matrik yang digunakan *Resin Polyester BQTN* tipe 157 dengan bahan tambahan katalis.

Komposit dibuat dengan metode cetak pada variasi fraksi volume serat (Vf) 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% dan 70%. Semua komposit di oven pada temperatur 80°C untuk menghilangkan *void* pada permukaan.. Pengujian *bending* mengacu pada standar ASTM D 6110.

Harga *Momen Bending* untuk serat tanpa perlakuan, optimum berada pada fraksi volume (Vf) 30% serat dan 70% resin dengan nilai 6000 Nmm. Sedangkan untuk *Tegangan Bending* tanpa perlakuan nilai optimum berada pada (Vf) 40% serat dan 60% resin dengan nilai 101.45 MPa. Dan pada serat sabut kelapa yang diperlakukan dengan larutan NaOH didapat harga optimal *Momen Bending* pada (Vf) 30% serat dan 70% resin dengan nilai 6366.67 Nmm dan nilai optimum untuk tegangan bending terdapat pada (Vf) 30% serat dan 70% resin degan nilai 115.05 MPa. (Jonathan Oroh, 2013)

Pengujian *bending* yang dilakukan oleh I Gede Widiartha, dkk bertujuan untuk mengetahui study sifat mekanik dan struktur mikro komposit *polyethylene* yang diperkuat oleh *hybrid* serat sisal dan karung goni

dilakukan dengan perbandingan fraksi volume antara serat sisal sisal dan karung goni sebesar 30%:0%, 20%:10%, 15%:15%, 10%:20% dan 0%:30%.

Kedua serat direndam dengan perlakuan alkali NaOH 4% selama 1 jam. Panjang serat daun sisal dipotong sesuai dengan panjang cetakan dan disusun searah dan serat karung goni dipotong 2 cm dan disusun secara acak. Resin yang dipake adalah *polyethylene.*

Pembuatan spesimen uji *bending* sesuai dengan standard ASTM D 790. Didapatkan nilai kekuatan *bending* rata-rata tertinggi terdapat pada komposit dengan fraksi volume serat *hybrid* dengan perbandingan serat sisal dan karung goni 30% : 0% yaitu 74,43 MPa. (I Gede , 2012)

Dari data hasil pengujian yang telah dilakukan oleh Sudarsono, mengenai sifat mekanik material komposit menggunkan serat rami core kayu sengon laut dilakukan melalui proses *hand lay up* 1 lapis dan 2 lapis sebagai prototipe untuk pembuatan propeler kincir angin standard NACA 4415 modifikasi.

Dari hasil pengujian spesimen dengan uji tekuk *(bending)* didapatkan nilai tegangan tekuk terbesar dimiliki oleh spesimen 2 lapis yaitu sebesar 45,663 Mpa dengan regangan 1,795 % dan modulus young 1,224 GPa. Pada spesimen 1 lapis tegangan tekuk sebesar 19,013 MPa dengan

regangan 2,313 % dan modulus young 0,776 GPa. Sehingga dalam pembuatan prototipe airfoil standard NACA 4415 ditetapkan menggunakan spesimen komposit serat rami 2 lapis core kayu sengon laut yang memiliki tegangan tekuk terbesar akan tetapi ringan agar mudah berputar pada debit angin 3m/s sesuai kondisi operasi atau kerja propeler. (Sudarsono, 2012)