

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

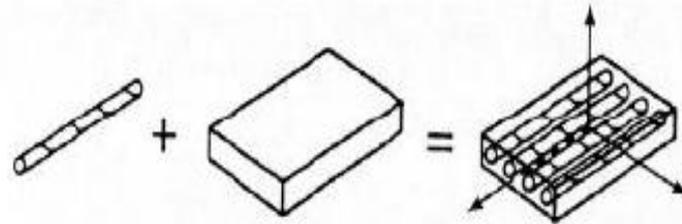
Menurut Gibson (1994) komposit adalah perpaduan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang unik dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya.

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit). Dengan adanya perbedaan dari material penyusunnya maka komposit antar material harus berikatan dengan kuat, sehingga perlu adanya penambahan *wetting agent* (Autar, 2006). *Wetting agent* merupakan kemampuan resin untuk membasahi serat (penguat) yang terjadi akibat adanya interaksi antarmolekul dari kedua material tersebut, sehingga secara bersama-sama terjadi kontak antara fasa cair (*liquid*) dan permukaan fasa padat (*solid*).

Jones dalam bukunya *Mechanics of Composite Materials* (1999) menjelaskan komposit adalah bahan hibrida yang terbuat dari resin polimer diperkuat dengan serat, menggabungkan sifat-sifat mekanik dan Fisik. Ilustrasi komposisi komposit dengan komponen penyusun *fiber* dan resin dapat dilihat pada Gambar 1.

Bahan komposit merupakan bahan gabungan secara makro yang 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 yang tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984). Salah satu keuntungan material komposit adalah kemampuan material tersebut untuk diarahkan sehingga kekuatannya dapat diatur hanya pada arah tertentu yang kita kehendaki, hal ini dinamakan *tailoring properties*. Salah satu sifat istimewa

komposit, yaitu ringan, kuat, tidak terpengaruh korosi, dan mampu bersaing dengan logam, tidak kehilangan karakteristik dan kekuatan mekanisnya.



fiber (serat) resin komposit material

Gambar 1. Ilustrasi Komposisi Komposit

(Sumber :R. Jones, 1999)

Beberapa definisi komposit menurut Matthews (1999) adalah sebagai berikut:

- a. Tingkat dasar, pada molekul tunggal dan kisi kristal, bila material yang disusun dari dua atom atau lebih disebut komposit, contohnya senyawa, paduan, polimer dan keramik.
- b. Mikrostruktur, pada kristal, fase dan senyawa, bila material disusun dari dua phase atau senyawa atau lebih disebut komposit, contohnya paduan besi dan karbon.
- c. Makrostruktur, material yang disusun dari campuran dua atau lebih penyusun makro yang berbeda dalam bentuk dan atau komposisi dan tidak larut satu dengan yang lain disebut material komposit.

Bentuk (dimensi) dan struktur penyusun komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit, begitu pula jika terjadi interaksi antara penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit (Prasetyo,2006). Material komposit terdiri lebih dari satu tipe material dan dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya. Dibanding dengan material konvensional, bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya memiliki kekuatan yang dapat diatur, berat yang lebih ringan, kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, tahan korosi, dan tahan keausan.

Karakteristik dan sifat komposit dipengaruhi oleh material-material yang menyusunnya. Dalam hal ini, susunan struktur dan interaksi antar unsur-unsur penyusunnya. Interaksi antar unsur-unsur penyusun komposit, yaitu serat dan matriks sangat berpengaruh terhadap kekuatan ikatan antarmuka. Kekuatan ikatan

antarmuka yang optimal antara matriks dan serat merupakan aspek yang penting dalam penunjukan sifat-sifat mekanik komposit (Gibson, 1994).

Tabel 1. Keuntungan dan Kerugian dari Komposit(Mochtar, dkk., 2007)

Keuntungan	Kerugian
1. Berat berkurang	1. Biaya bertambah untuk bahan baku dan fabrikasi
2. Rasio antara kekuatan atau rasio kekakuan dengan berat tinggi	2. Sifat-sifat bidang melintang lemah
3. Sifat-sifat yang mampu beradaptasi, kekuatan atau kekakuan dapat beradaptasi terhadap pengaturan beban	3. Kekerasan rendah
4. Lebih tahan terhadap korosi	4. Matrik dapat menimbulkan degradasi lingkungan
5. Kehilangan sebagian sifat dasar material	5. Sulit dalam mengikat
6. Ongkos manufaktur rendah	6. Analisa sifat-sifat fisik dan mekanik untuk efisiensi damping tidak mencapaikonsensus
7. Konduktivitas termal atau konduktivitas listrik meningkat atau menurun	

Dari Tabel 1.dapat diketahui bahwa tujuan dari dibentuknya komposit, yaitu:

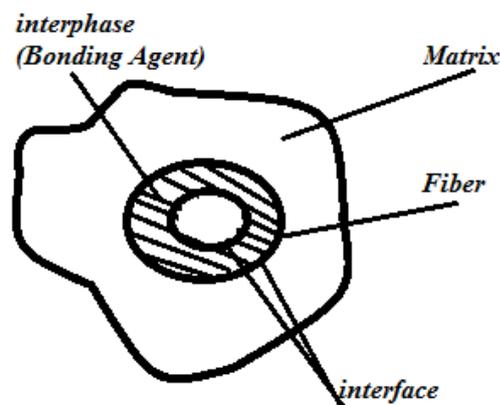
- a. Memperbaiki sifat mekanik dan atau sifat spesifik tertentu
- b. Mempermudah desain yang sulit pada manufaktur
- c. Keleluasaan dalam bentuk desain yang dapat menghemat biaya
- d. Menjadikan bahan lebih ringan

2.1.1 Material Penyusun Komposit

Material penyusun komposit terdiri atas matriks dan *fiber*.Penggabungan material yang berbeda bertujuan untuk menemukan material baru yang mempunyai sifat antara material penyusunnya yang tidak akan diperoleh jika material penyusunnya berdiri sendiri. *Fiber*sangat berperan dalam memberikan kekuatan dan kekakuan komposit, namun aspek lain yang menjadi sumber kekuatan komposit didapat dari matriks yang memberikan ketahanan terhadap temperatur tinggi, ketahanan terhadap tegangan geser, dan mampu mendistribusikan beban. Menurut Schwartz (1986), material penyusun komposit tersebut bisa berupa *fibers*, *particles*,

laminated or layers, flakes fillers dan matriks. Matriks sering disebut sebagai unsur pokok bodi, sedangkan *fibers, particles, laminated or layers, flakes fillers* disebut sebagai unsur pokok struktur.

Adanya dua penyusun komposit atau lebih menimbulkan beberapa daerah dan istilah penyebutannya, diantaranya matriks yaitu penyusun dengan fraksi volume terbesar, penguat sebagai penahan beban utama, *interphase* sebagai pelekat antar dua penyusun, *interface* yang merupakan permukaan fase yang berbatasan dengan fase lain. Struktur penyusun komposit dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Penyusun Komposit
(Sumber :R. Jones, 1999)

1. Matriks

Pada material komposit, matriks memberikan pengaruh yang lebih besar dalam pengikatan material penyusun selain bertugas untuk mendistribusikan beban dan memberikan perlindungan dari pengaruh lingkungan. Gibson (1994), mengatakan bahwa matriks dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan).

Poliester, polipropilen, dan vinil ester umumnya yang paling banyak digunakan sebagai matriks pembentuk komposit dan biasanya digunakan untuk membuat produk-produk komersial, industri dan transportasi. Namun, bila produk yang dibutuhkan diharapkan untuk memiliki kekuatan yang lebih tinggi maka bahan epoksi menjadi pilihan sebagai matriks. Meskipun epoksi sensitif terhadap kelembaban, namun tetap masih lebih baik dibanding dengan polyester serta tahan

terhadap penyusutan. Dalam aplikasinya epoksi terbatas terhadap temperatur hingga 120°C untuk pemakaian jangka panjang, bahkan pada kondisi tertentu temperatur tertinggi hanya pada sekitar 80°C sampai 105°C. Untuk pemakaian pada temperatur lebih tinggi sekitar 177°C sampai 230°C dapat menggunakan *bismaleimide resins* (BMI) sebagai matriks. Matriks secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Menurut Gibson (1994) matriks memiliki fungsi, antara lain:

- a. Memindahkan dan mendistribusikan tegangan ke serat
- b. Membentuk ikatan koheren, permukaan matrik atau serat
- c. Melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan
- d. Mengikat serat menjadi satu kesatuan struktur
- e. Menyumbang beberapa sifat seperti, kekakuan, ketangguhan dan tahanan listrik
- f. Tetap stabil setelah proses manufaktur

2. Reinforcement atau Filler atau Fiber

Salah satu bagian utama dari komposit adalah *reinforcement* (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. *Fiber* adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serat atau serbuk. Serat yang sering digunakan dalam pembuatan komposit antara lain serat *E-Glass*, boron, karbon dan lain sebagainya. Bisa juga dari serat alam antara lain serat kenaf, jute, rami, ijuk dan lain sebagainya.

Beberapa jenis *fiber* yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

a. *Fiber Glass*

Fiber Glass sangat umum digunakan dalam industri karena bahan baku yang sangat banyak tersedia. Komposisi *fiber glass* mengandung silika yang berguna memberikan kekerasan, fleksibilitas dan kekakuan. Proses pembentukan *fiber glass* melalui proses fusion (*melting*) terhadap silika dengan campuran mineral oksida. Pada proses ini diberikan pendinginan yang sangat cepat untuk pembentukan kristalisasi yang sempurna, proses ini biasa disebut dengan *fiberization*.

b. *Carbon Fiber*

Salah satu keunggulan *carbon fiber* adalah sangat unggul terhadap ketahanan fatik, tidak rentan terhadap beban perpatahan dan mempunyai *elastic recovery* yang baik. Perkembangan penggunaan *carbon fiber* tergolong sangat tepat untuk aplikasi penerbangan, produk olahraga dan berbagai kebutuhan industri. Sebagai bahan anorganik, *carbon fiber* tidak terpengaruh oleh kelembaban, atmosfer, pelarutan basa dan *weak acid* pada temperatur kamar. Namun oksidasi menjadi permasalahan pada *carbon fiber* pada suhu tinggi dimana impuritis dapat menjadi katalisator dan menghambat proses oksidasi yang menyebabkan kemurnian fiber karbon tidak tercapai.

c. *Aramiid Fiber*

Aramid fiber memiliki kekuatan yang sangat tinggi dibandingkan dengan rasio berat yang dimilikinya. Pada awalnya aramid fiber di produksi oleh *E.I. Du Pont deNemours & Company, Inc.* dengan merek Kevlar yang dipakai sebagai fiber penguat dalam produksi ban dan plastik. Aramid fiber relatif fleksibel dan *non-brittle* sehingga aramid fiber dapat diproses dengan berbagai metode seperti *twisting, weaving, knitting, carding* dan *felting*.

2.0.2 Klasifikasi Komposit

Menurut Hull dan Clyne (1996), berdasarkan matriks yang digunakan komposit dapat dikelompokkan atas tiga, adalah sebagai berikut:

1. *Metal Matrix Composite* (menggunakan matriks logam)

Metal Matrix Composite (MMC) adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matriks logam. MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah *Continous Filamen MMC* yang digunakan dalam industri penerbangan.

2. *Ceramic Matrix Composite* (menggunakan matriks keramik)

CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik. Penguat yang umum digunakan pada CMC adalah oksida, karbida, dan nitrit. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses *Dimoxy* yaitu proses pembentukan

komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik di sekeliling daerah *filler*.

3. *Polymer Matrix Composite* (menggunakan *matriks* polimer).

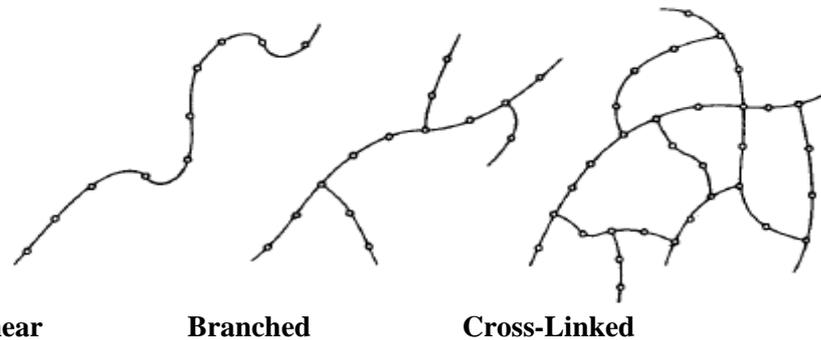
Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan. Matriks polimer terbagi 2 yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaannya polimer termoset tidak dapat didaur ulang, sedangkan termoplastik dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan belakangan ini. Jenis-jenis termoplastik yang biasa digunakan adalah *polypropylene* (PP), *polystyrene* (PS), *polyethylene* (PE), dan lain-lain.

Sedangkan, menurut Jones (1999) berdasarkan serat yang digunakan komposit serat (*fiber-matrix composites*) dibedakan menjadi empat, yakni:

1. *Fibrous Composite Materials* (Komposit Serat)

Fibrous composite materials adalah gabungan serat dengan matriks. Secara alami, serat jarang digunakan kecuali terikat bersama untuk mengambil bentuk elemen struktural yang dapat membawa beban. Bahan pengikat disebut matriks. Tujuan dari penggabungan matriks pada serat adalah sebagai pelindung dari serat. Matriks memiliki kepadatan sangat rendah, kekakuan, dan kekuatan dari serat. Kombinasi serat dan matriks dapat menghasilkan material komposit yang memiliki kekuatan dan kekakuan yang sangat tinggi, namun masih memiliki kepadatan rendah.

Bahan matriks yang biasa digunakan, yaitu polimer, logam, keramik, atau karbon. Ketahanan kekuatan matriks meningkat dalam urutan seperti halnya ketahanan suhu. Polimer memiliki tiga struktur utama, yaitu linear, bercabang, dan silang. Polimer linear hanyalah memiliki satu rantai mer. Polimer bercabang terdiri dari rantai utama mer dengan rantai lain yang melekat dalam tiga dimensi. Polimer silang memiliki sejumlah besar tiga dimensi rantai yang sangat saling berhubungan. Bentuk utama pengisi komposit serat dapat dilihat pada Gambar 3.



Linear **Branched** **Cross-Linked**
 Gambar 3. Struktur Pengisi Komposit Serat
 (Sumber :R. Jones, 1999)

2. *Laminated Composite Materials*

Laminated composite materials adalah gabungan lapisan atau unsur pokok lamina. Material komposit laminasi terdiri dari dua bahan lapisan yang berbeda yang terikat bersama. Laminasi digunakan untuk menggabungkan aspek terbaik dari lapisan konstituen dan bahan pengikat untuk mendapatkan bahan yang lebih berguna. Sifat yang dapat ditekankan oleh laminasi adalah kekuatan, kekakuan, berat badan rendah, ketahanan korosi, ketahanan aus, keindahan dan daya tarik, isolasi termal, insulasi akustik, dan lainnya. Contoh dari *laminated composite materials*, yaitu bimetal, *clad bimetals*, kaca laminasi, *plastic-based laminates* dan laminasi material komposit berserat.

3. *Particulate Composite Materials*

Particulate composite materials adalah gabungan partikel dengan matriks. Material komposit partikulat terdiri dari satu bahan partikel yang lebih tergantung di sebuah matriks bahan lain. Partikel dapat berupa logam atau bukan logam dalam matriks.

4. *Combinations of Composite Materials*

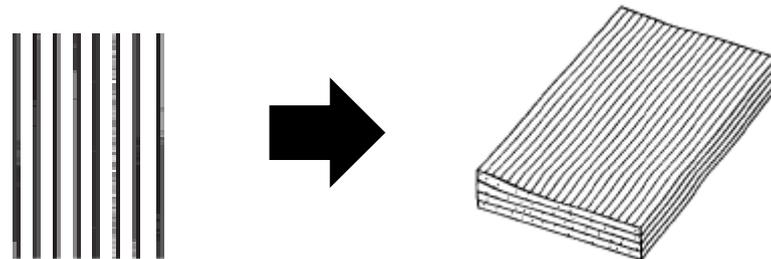
Combinations of composite materials adalah gabungan matrik *continuous*. Bahan komposit multifase menunjukkan lebih dari satu karakteristik dari berbagai kelas, berserat, dilaminasi, atau bahan partikulat komposit. Misalnya, beton bertulang adalah partikulat baik karena beton terdiri dari kerikil dalam pengikat semen-paste, dan berserat karena tulangan baja. Juga, bahan diperkuat serat komposit laminasi baik material komposit laminasi dan berserat.

Secara umum bahan komposit terdiri dari dua macam, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composite*) dan bahan komposit serat (*fiber composite*). Bahan komposit partikel terdiri dari partikel-partikel yang di ikat oleh matriks. Bahan komposit partikel pada umumnya lebih lemah dibanding dengan bahan komposit serat, namun memiliki keunggulan seperti ketahan terhadap aus, tidak mudah retak, dan mempunyai daya pengikat dengan matrik yang baik. Bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matriks yang saling berhubungan. Bahan komposit serat ini terdiri dari dua macam, yaitu serat panjang (*continuous fiber*) dan serat pendek (*short fiber atau whisker*). Penggunaan bahan komposit serat sangat efisien dalam menerima beban dan gaya. Karena itu bahan komposit serat sangat kuat dan kaku bila dibebani searah serat, sebaliknya sangat lemah bila dibebani dalam arah tegak lurus serat.

Berdasarkan penempatannya, menurut Gibson (1994) terdapat beberapa tipe serat pada komposit, yaitu :

1. *Continuous Fiber Composite*

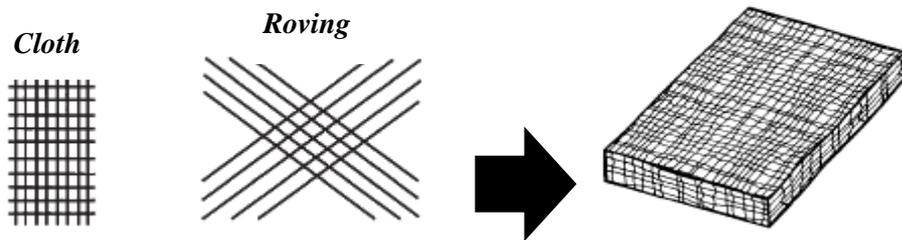
Tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Tipe ini mempunyai kelemahan pemisahan antar lapisan. Struktur *continuous fiber composite* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur *Continuous Fiber Composite*
(Sumber :Gibson, 1994)

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

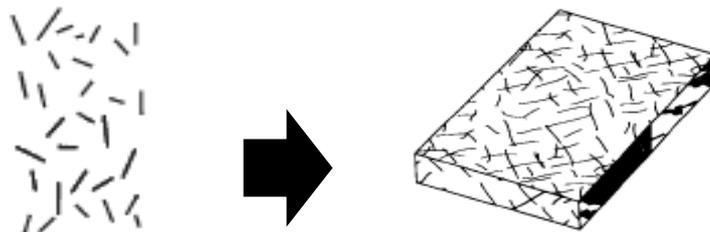
Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar lapisan. Susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan melemah. Struktur *woven fiber composite* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur *Woven Fiber Composite*
(Sumber :Gibson, 1994)

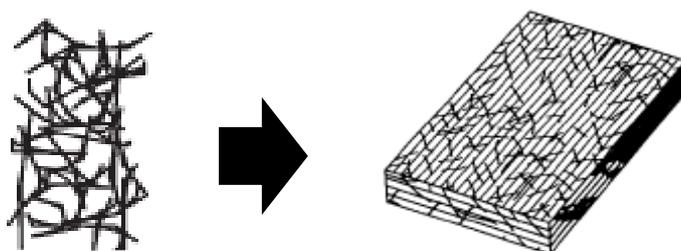
3. *Discontinuous Fiber Composite*

Discontinuous fiber composite adalah tipe komposit dengan serat pendek. *Discontinuous fiber composite* dibedakan menjadi dua, yaitu *chopped fiber composite* dan *hybrid composite*. *Chopped fiber composite* memiliki serat pendek secara acak tersebar dalam matriks. Komposit serat cincang (*chopped*) digunakan secara ekstensif dalam aplikasi volume tinggi karena biaya produksi yang rendah, tetapi sifat mekanik jauh lebih rendah daripada *continuous fiber composite*. Struktur *chopped fiber composite* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Struktur *Chopped Fiber Composite*
(Sumber :Gibson, 1994)

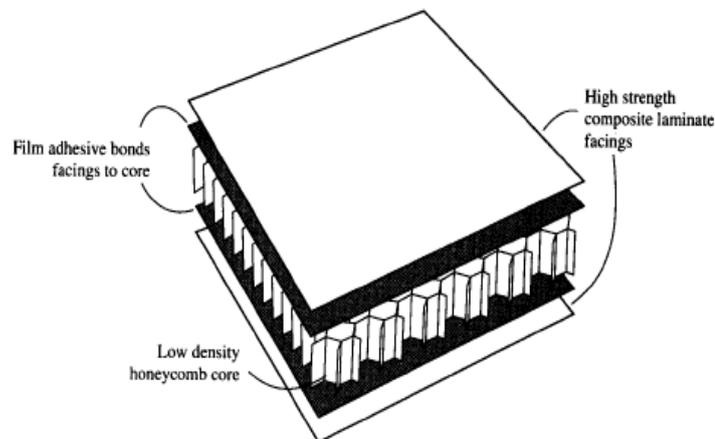
Hybrid composite dapat terdiri dari campuran cincang serat dan serat berkesinambungan, atau jenis serat campuran seperti kaca atau grafit. Struktur *hybrid composite* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Struktur *Hybrid Fiber Composite*
(Sumber :Gibson, 1994)

4. *Sandwich Structure Composite*

Konfigurasi komposit lain yang umum adalah *sandwich structure* terdiri dari kekuatan tinggi, lembaran komposit terikat pada busa ringan atau inti. *Sandwich structure* memiliki kelenturan yang sangat tinggi, rasio kekakuan yang juga tinggi dan secara luas digunakan dalam struktur *Aerospace*. Fleksibilitas desain yang ditawarkan dan konfigurasi komposit lainnya jelas cukup menarik. *Sandwich structure* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Struktur Komposit *Sandwich*
(Sumber :Gibson, 1994)

2.0.3 Faktor Pengaruh Kinerja Komposit

Beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja komposit serat, antara lain:

1. Faktor Serat

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

2. Letak Serat

Dalam pembuatan komposit tata letak dan arah serat dalam matriks 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 horizontal 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.

3. Panjang Serat

Panjang serat dalam pembuatan komposit serat pada matriks 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 dibanding serat sintetis mempunyai panjang dan diameter yang tidak seragam pada setiap jenisnya. Oleh karena itu, panjang dan diameter serat sangat berpengaruh pada kekuatan maupun modulus komposit. Panjang serat berbanding diameter serat sering disebut dengan istilah *aspect ratio*. Serat panjang (*continous fiber*) lebih efisien dalam peletakannya daripada serat pendek. Akan tetapi, serat pendek lebih mudah peletakannya dibanding serat panjang. Panjang serat mempengaruhi kemampuan proses dari komposit serat. Pada umumnya, serat panjang lebih mudah penanganannya jika dibandingkan dengan serat pendek. Serat panjang pada tekanan normal dibentuk dengan proses *filament winding*, dimana pelapisan serat dengan matriks akan menghasilkan distribusi yang bagus dan orientasi yang menguntungkan (Schwartz, 1984).

4. Bentuk Serat

Bentuk Serat yang digunakan untuk pembuatan komposit tidak begitu mempengaruhi, yang mempengaruhi adalah diameter seratnya. Pada umumnya, semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi. Selain bentuknya kandungan seratnya juga mempengaruhi (Schwartz, 1984).

5. Faktor Matriks

Matrik dalam komposit berfungsi sebagai bahan pengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari kerusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik, sehingga matriks dan serat saling berhubungan. Pembuatan komposit serat membutuhkan

ikatan permukaan yang kuat antara serat dan matriks. Selain itu matriks juga harus mempunyai kecocokan secara kimia agar reaksi yang tidak diinginkan tidak terjadi pada permukaan kontak antara keduanya. Untuk memilih matriks harus diperhatikan sifat-sifatnya, antara lain seperti tahan terhadap panas, tahan cuaca yang buruk dan tahan terhadap guncangan yang biasanya menjadi pertimbangan dalam pemilihan material matriks.

6. Faktor Ikatan *Fiber*-Matriks

Komposit berpenguat serat banyak diaplikasikan pada alat-alat yang membutuhkan material yang mempunyai perpaduan dua sifat dasar yaitu kuat namun juga ringan. Komposit serat yang baik harus mampu menyerap matriks yang memudahkan terjadi antara dua fase (Schwartz, 1984). Selain itu komposit serat juga harus mempunyai kemampuan untuk menahan tegangan yang tinggi, karena serat dan matriks berinteraksi dan pada akhirnya terjadi pendistribusian tegangan. Kemampuan ini harus dimiliki oleh matriks dan serat. Hal yang mempengaruhi ikatan antara serat dan matriks adalah *void*, yaitu adanya celah pada serat atau bentuk serat yang kurang sempurna yang dapat menyebabkan matriks tidak akan mampu mengisi ruang kosong pada cetakan. Bila komposit tersebut menerima beban, maka daerah tegangan akan berpindah ke daerah *void* sehingga akan mengurangi kekuatan komposit tersebut (Schwartz, 1984).

2.0.4 Pembebanan Bahan Komposit

Bahan komposit dibentuk pada saat yang sama ketika struktur tersebut dibuat. Hal ini berarti bahwa orang yang membuat struktur menciptakan sifat-sifat bahan komposit yang dihasilkan. Proses manufaktur yang digunakan biasanya merupakan bagian yang kritis yang berperan menentukan kinerja struktur yang dihasilkan.

Terdapat empat beban langsung utama dimana setiap bahan dalam suatu struktur harus menahannya yaitu tarik, tekan, geser/lintang dan lentur.

1. Tarik

Reaksi komposit terhadap beban tarik sangat tergantung pada sifat kekakuan dan kekuatan tarik dari serat penguat, dimana jauh lebih tinggi dibandingkan dengan resinnya.

2. Tekan

Sifat daya rekat dan kekakuan dari sistem resin sangat penting. Resin menjaga serat sebagai kolom lurus dan mencegah dari tekukan (*buckling*).

3. Geser/Lintang

Beban ini mencoba untuk meluncurkan setiap lapisan seratnya. Di bawah beban geser resin memainkan peranan utama, memindahkan tegangan melintang komposit. Untuk membuat komposit tahan terhadap beban geser, unsur resin diharuskan tidak hanya mempunyai sifat-sifat mekanis yang baik tetapi juga daya rekat yang tinggi terhadap serat penguat.

4. Lenturan

Beban lentur sebetulnya merupakan kombinasi beban tarik, tekan dan geser. Ketika beban seperti diperlihatkan, bagian atas terjadi tekan, bagian bawah terjadi tarik dan bagian tengah lapisan terjadi geser.

2.2 Tanaman Pinang

Pinang merupakan tanaman yang sekeluarga dengan kelapa. Salah satu jenis tumbuhan monokotil ini tergolong palem-paleman. Secara rinci, sistematika pinang diuraikan oleh Sihombing (2000) sebagai berikut:

Divisi	: Plantae
Kelas	: Monokotil
Ordo	: Arecales
Famili	: Arecaceae atau Palmae
Genus	: Areca
Spesies	: <i>Areca catechu</i>

2.1.1 Morfologi Pinang

Pinang merupakan tanaman famili palmae yang dapat mencapai tinggi 15-20 m dengan batang tegak lurus bergaris tengah 15 cm. Buahnya berkecambah setelah

1,5 bulan dan 4 bulan kemudian mempunyai jambul daun-daun kecil yang belum terbuka. Pembentukan batang baru terjadi setelah 2 tahun dan berbuah pada umur 5-8 tahun tergantung keadaan tanah. Tanaman ini berbunga pada awal dan akhir musim hujan dan memiliki masa hidup 25-30 tahun. Tanaman pinang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Tanaman Pinang

2.1.2 Serat Pelepah Pinang

Asia Pasific Coconut Community (1979) dalam Rahayu (2001) mengemukakan kayu palmae mempunyai sifat yang lebih dekat dengan kayu daun lebar daripada kayu daun jarum. Hal ini dicerminkan oleh adanya saluran pada struktur pelepah pinang yang menyerupai sel pembuluh pada kayu daun lebar. Jadi untuk mengetahui serat padapinang rujukan dari serat daun lebar dapat digunakan. Pelepah pinang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Pelepah pinang

Serat pangkal pelepah daun pinang dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Serat Pelepah Pinang

(Sumber :Casey, 1960)

Kandungan senyawa kimia penyusun pelepah daun pinang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Senyawa Kimia Penyusun Pelepah Daun Pinang

No.	Komponen Kimia	Kandungan
1	Selulosa	31,70
2	Lignin	17,40
3	Hemiselulosa	33,90
4	Zat Ekstraktif	2,35 – 13,84
5	Silika	0,60
6	Abu (non organic/silica)	2,30 – 2,60

(Sumber :Casey, 1960)

Casey (1960) mengklasifikasikan serat berdasarkan panjang serat (Tabel 3) dan berdasarkan diameter serat (Tabel 4).

Tabel 3. Penggolongan Panjang Serat

No.	Golongan	Panjang Serat (μ)
-----	----------	-------------------------

1.	Pendek	< 900
2.	Sedang	900 – 1600
3.	Panjang	> 1600

(Sumber: Casey, 1960)

Tabel 4. Penggolongan Diameter Serat

No.	Golongan	Diameter Serat (μ)
1.	Tipis	< 10
2.	Sedang	10 – 20
3.	Lebar	> 20

(Sumber: Casey, 1960)

2.3 Matriks *Recycled Polypropylene*

Polipropilen merupakan hasil reaksi polimerisasi monomer propilen. Polipropilen yang diperdagangkan umumnya dalam bentuk pellet (butiran memanjang). Polipropilen dapat digunakan untuk membuat barang-barang seperti botol, kotak aki, tikar, rafia, dan karung plastik.

Bahan baku polipropilen didapat dengan menguraikan petroleum (naftan) dengan cara yang sama seperti pada etilen. Menurut proses yang serupa dengan metoda tekanan rendah untuk polietilen, mempergunakan katalis Zieger – Natta, polipropilen dengan keteraturan ruang dapat diperoleh dari propilen. Polipropilen ataktik tanpa keteraturan ruang dan mempunyai titik lunak rendah dipisahkan oleh ekstraksi dengan pentan dan disisihkan.

2.2.1 Sifat-sifat Polipropilen

Sifat-sifat polipropilen serupa dengan sifat-sifat polietilen. Massa jenisnya rendah ($0,90 - 0,92 \text{ g/cm}^3$). Termasuk kelompok yang paling ringan diantara bahan polimer. Dapat terbakar jika dinyalakan, titik lunaknya tinggi sekali (176°C , T_m), kekuatan tarik, kekuatan lentur dan kekakuannya lebih tinggi, tetapi ketahanan impaknya rendah terutama pada suhu rendah.

Sifat tembus cahayanya pada pencetakan lebih baik daripada polietilen dengan permukaan yang mengkilap, penyusutannya pada pencetakan kecil, penampilan dan ketelitian dimensinya lebih baik. Sifat mekaniknya dapat ditingkatkan sampai batas tertentu dengan jalan mencampurkan serat gelas. Pemuaian termal juga

dapat diperbaiki sampai setingkat dengan resin termoset. Dalam hidrokarbon aromatik dan hidrokarbon yang terklorinasi, larut pada 80°C atau lebih, tetapi pada suhu biasa hanya memuai. Oleh karena itu sukar untuk diolah dengan perekatan seperti halnya dengan polietilen yang memerlukan perlakuan tertentu pada permukaannya.

Polipropilen merupakan jenis bahan baku plastik yang ringan, densitas 0,90 – 0,92, memiliki kekerasan dan kerapuhan yang paling tinggi dan bersifat kurang stabil terhadap panas dikarenakan adanya hidrogen tersier. Penggunaan bahan pengisi dan penguat memungkinkan polipropilen memiliki mutu kimia yang baik sebagai bahan polimer dan tahan terhadap pemecahan karena tekanan (*stress-cracking*) walaupun pada temperatur tinggi.

Kerapuhan polipropilen dibawah 0°C dapat dihilangkan dengan penggunaan bahan pengisi. Dengan bantuan pengisi dan penguat, akan terdapat adhesi yang baik. Polimer yang memiliki konduktivitas panas rendah seperti polipropilen (konduktivitas = 0,12 W/m) kristalinitasnya sangat rentan terhadap laju pendinginan.

Polipropilen mempunyai tegangan (*tensile*) yang rendah, kekuatan benturan (*impact strength*) yang tinggi dan ketahanan yang tinggi terhadap pelarut organik. Polipropilen juga mempunyai sifat isolator yang baik mudah diproses dan sangat tahan terhadap air karena sedikit sekali menyerap air, dan sifat kekakuan yang tinggi.

Seperti poliolefin lain, polipropilen juga mempunyai ketahanan yang sangat baik terhadap bahan kimia anorganik non pengoksidasi, deterjen, alcohol dan sebagainya. Tetapi polipropilen dapat terdegradasi oleh zat pengoksidasi seperti asam nitrat dan hidrogen peroksida. Sifat kristalinitasnya yang tinggi menyebabkan daya regangannya tinggi, kaku dan keras.

Karakteristik polipropilena menurut Parlin (2004) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Karakteristik Polipropilena

Deskriptif	Polipropilena
Densitas pada suhu 20°C (gr/cm ³)	0,90
Suhu melunak (°C)	149

Titik lebur (°C)	170
Kristalinitas (%)	60 – 70
Indeks fluiditas	0,2 – 2,5
<i>Modulus of elacticity</i> (kg/cm ³)	11000 – 13000
Tahanan volumetrik (Ohm cm ²)	1017
Konstanta dielektrik (60-108 cycle)	2,3
Permeabilitas gas-Nitrogen	4,4
Oksigen	23
Gas karbon	92
Uap air	600

Sumber : Parlin, 2004

2.2.2 Mampu Cetak

Polipropilen mempunyai sifat mampu cetak yang baik seperti halnya polietilen. Seperti telah diutarakan di atas polipropilen mempunyai faktor penyusutan cetakan yang lebih kecil dibandingkan dengan polietilen yang bermassa jenis tinggi, pada kondisi optimal dapat diperoleh produk dengan ketelitian dimensinya baik dan tegangan sisa yang kecil.

2.2.3 Penggunaan Polipropilen

Hampir sama seperti polietilen, polipropilen banyak digunakan sebagai bahan dalam produksi peralatan meja makan, keranjang, peralatan kamar mandi, keperluan rumah tangga, mainan, peralatan listrik, barang-barang kecil, komponen mobil, dan seterusnya. Penggunaan yang luas itu berkat mampu cetaknya yang baik, permukaannya yang licin, mengkilap dan tembus cahaya. Film yang diregangkan pada dua arah sumbu kuat dan baik ketahanan impaknya pada suhu rendah. Untuk memperbaiki permeabilitas gas dan ketahanan terhadap panas telah dikembangkan berbagai macam laminasi film. Benang celah dibuat dengan cara meregangkan film sampai putus pada panjang yang sama, dan benang pisah dengan robekan yang banyak, dipakai untuk membuat tali dan pita untuk keperluan pengepakan. Serat dipergunakan untuk tambang, karpet, tirai dan bahkan yang dicetak tiup untuk berbagai macam botol.

2.4 Serat

Serat merupakan bahan yang kuat, kaku, dan getas. Karena serat yang terutama menahan gaya luar, ada dua hal yang membuat serat menahan gaya yaitu:

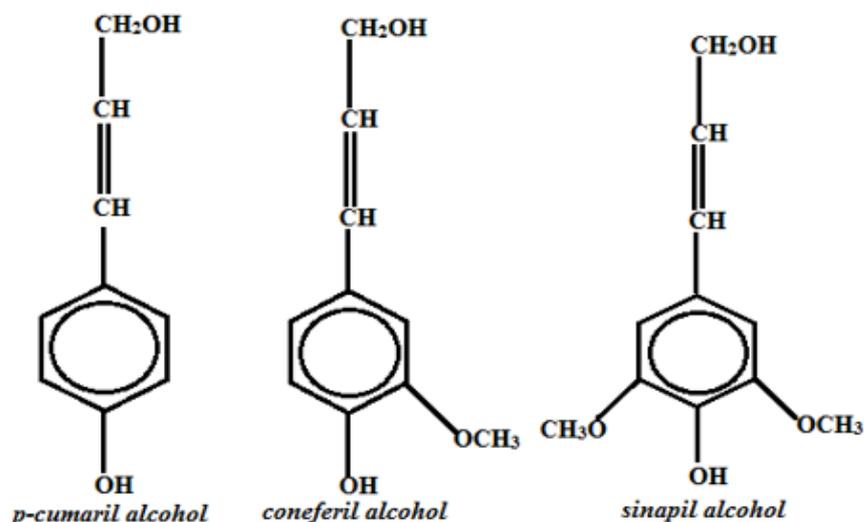
1. Perekatan (*bonding*) antara serat dan matriks (*interversial bonding*) sangat baik dan kuat, sehingga tidak mudah lepas dari matriks (*debonding*)
2. Kelangsingan (*aspect ratio*) yaitu perbandingan antara panjang serat dan diameter serat yang cukup besar.

Arah serat penguat menentukan kekuatan komposit, arah serat sesuai dengan arah kekuatan maksimum. Arah serat mempengaruhi jumlah serat yang dapat diisikan ke dalam matriks. Makin cermat penataannya, makin banyak penguat dapat dimasukkan. Bila sejajar berpeluang sampai 90%, bila separuh separuh saling tegak lurus peluangnya 75%, dan tatanan acak hanya berpeluang pengisian 15 sampai 50%. Hal tersebut menentukan optimum saat komposit maksimum (Prasetyo, 2006). Unsur Penyusun serat secara umum yaitu lignin dan selulosa.

2.3.1 Lignin

Lignin merupakan salah satu penyusun utama sel kayu yaitu molekul polifenol dengan struktur tiga dimensi, kompleks, bobot molekul yang tinggi dan bercabang banyak (Widiyanto dalam Agung Prasetyo, 2006). Lignin dapat diperoleh dari kayu atau semua daya alam berlignoselulosa (selulosa, hemiselulosa, dan lignin) lainnya seperti sawit, rotan, bambu, rumput-rumputan, kenaf dan lainnya (Nuryanto, 2000).

Lignin adalah salah satu komponen utama penyusun kayu yang merupakan polimer alami yang terdiri dari molekul-molekul polifenol (Nuryanto, 2000). Lignin adalah polimer alami yang terdiri dari molekul-molekul polifenol yang berfungsi sebagai pengikat sel-sel kayu satu sama lain, sehingga kayu menjadi keras dan kaku. Dengan adanya lignin maka kayu mampu meredam kekuatan mekanis yang dikenakan terhadapnya, sehingga memungkinkan usaha pemanfaatan lignin sebagai perekat dan pengikat (*binder*) pada papan partikel, kayu lapis, dan komposit (Rudatin dalam Nuryanto, 2000). Monomer-monomer utama penyusun lignin dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 11. Monomer Penyusun Utama Lignin

(Sumber :Repository USU, 2012)

Ada beberapa metode pengisolasian lignin dari serat, yaitu secara kimiawi dan enzimatik. Mengingat metode isolasi lignin secara enzimatik memerlukan biaya produksi yang lebih mahal serta proses produksi yang lama, maka dipilih metode isolasi lignin secara kimiawi. Delignifikasi merupakan proses pemutusan ikatan lignin dan makromolekul lignoselulosa yang diikuti dengan pelarutan lignin dalam suatu pelarut serta degradasi sebagian kecil polisakarida (Fengel dan Wegener,1995). Proses delignifikasi bertujuan untuk melarutkan kandungan lignin dalam kayu sehingga mempermudah pemisahan lignin dengan serat, proses ini dilakukan dengan menggunakan bahan kimia NaOH (Fengel dan Wegener, 1995). NaOH dapat memperbesar ukuran pori dari serat pelepah pinang sehingga menyebabkan pemisahan lignin dari serat pada proses *Kraft*.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses delignifikasi sebagaimana diungkapkan Fengel dan Wegener (1995) adalah sebagai berikut:

1. Waktu pemasakan, dipengaruhi oleh lignin semakin besar konsentrasi lignin semakin lama waktu pemasakan dan kisaran waktu pemasakan antara 1-4 jam.
2. Konsentrasi larutan pemasak, jika kadar lignin besar maka konsentrasi larutan pemasak juga harus besar.

3. Pencampuran bahan, dipengaruhi oleh pengadukan. Dengan pengadukan, akan dapat meratakan larutan dengan bahan baku yang akan dipisahkan ligninnya.
4. Perbandingan larutan pemasak dengan bahan baku, didasarkan pada perbandingan larutan pemasak dengan bahan baku. Semakin kecil perbandingan larutan pemasak dengan bahan baku maka lignin yang didegradasi atau kecil juga.
5. Ukuran bahan, semakin besar ukuran bahan maka semakin lama waktu prosesnya.
6. Suhu dan tekanan, semakin besar suhu dan tekanan maka semakin cepat waktu prosesnya, kisaran suhu antara 100 °C – 110 °C dan untuk tekanannya 1 atm.

Menurut Dian Oktaveni (2009) dalam penelitiannya, suhu, tekanan dan konsentrasi larutan pemasak selama proses *pulping* merupakan faktor-faktor yang akan mempengaruhi kecepatan reaksi pelarutan lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Selulosa tidak akan rusak saat proses pelarutan lignin jika konsentrasi larutan pemasak yang digunakan rendah dan suhu yang digunakan sesuai. Pemakaian suhu di atas 180 °C menyebabkan degradasi selulosa lebih tinggi, dimana pada suhu ini lignin telah habis terlarut dan sisa bahan pemasak akan mendegradasi selulosa. Heradewi (2007) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa rendeman lignin sangat dipengaruhi oleh proses pemasakan bahan baku, perbedaan reaksi polimerisasi dan dikarenakan adanya perlakuan tambahan, yaitu penguapan sebagian kandungan airnya. Selain itu, penambahan basa pada larutan pemasakan akan menyebabkan tingginya konsentrasi ion hidroksil dalam larutan pemasak sehingga mempercepat pemutusan pada ikatan intra molekul lignin saat ekstraksi dan mempercepat delignifikasi. Pemilihan penggunaan basa (NaOH) pada larutan pemasak ini, dikarenakan sama halnya dengan proses *pulping* soda. Sebagaimana dikatakan Cesay (1952), proses soda merupakan proses kimia alkalis yang berpotensi untuk dikembangkan dalam pembuatan *pulp* bahan baku non kayu.

2.4.2 Selulosa

Komponen utama penyusun jaringan dinding sel tumbuhan pada umumnya adalah selulosa. Selulosa mendominasi pembentukan unsur utama tumbuhan sekitar 45,80%, kemudian pentosan 25,90, dan lignin 22,60%. Selulosa merupakan polimer alam berupa zat karbohidrat (polisakarida) yang mempunyai serat dengan warna putih dan susah mengalami degradasi. Selulosa mempunyai rumus molekul $2(C_6H_{10}O_5)_n$, dengan n adalah derajat polimerisasi. Panjang suatu rangkaian selulosa tergantung pada derajat polimerisasinya. Semakin panjang suatu rangkaian selulosa, maka rangkaian selulosa tersebut mempunyai serat yang lebih kuat, lebih tahan terhadap pengaruh bahan kimia, cahaya, dan mikroorganisme.

Seperti juga amilosa, selulosa adalah polimer rantai lurus dari β -glukosa dan ikatan β -1-4 antara unit-unit glukosa. Perbedaan selulosa dan amilosa adalah pada jenis ikatan glukosidanya.

2.4.3 Hemiselulosa

Hemiselulosa adalah polisakarida pada dinding sel tanaman yang larut dalam alkali dan menyatu dengan selulosa. Hemiselulosa terdiri atas unit D-glukosa, D-galaktosa, D-manosa, D-xylosa, dan L-arabinosa yang terbentuk bersamaan dalam kombinasi dan ikatan glikosilik yang bermacam-macam. Hemiselulosa terdapat bersama-sama dengan selulosa dalam struktur daun dan kayu dari semua bagian tanaman dan juga dalam biji tanaman tertentu. Hemiselulosa yang terhidrolisis akan menghasilkan heksosa, pentosa dan asam uronat. Hemiselulosa dihidrolisa oleh jasad renik dalam saluran pencernaan dengan enzim hemiselulase, hasil akhir fermentasinya adalah VFA.

Jumlah hemiselulosa biasanya antara 15-30% dari berat kering bahan lignoselulosa. Hemiselulosa mengikat lembaran serat selulosa membentuk mikrofibril yang meningkatkan stabilitas dinding sel. Hemiselulosa juga berikatan silang dengan lignin membentuk jaringan kompleks dan memberikan struktur yang kuat (Oktaveni, 2009). Hemiselulosa terdiri dari molekul-molekul heksosan dan pentosan. Apabila kepada senyawa hemiselulosa diberi larutan $ZnCl_2$, kemudian ditambahkan yodium (I), maka akan muncul

warna biru. Selain sebagai penguat dinding sel, hemiselulosa juga dapat berfungsi sebagai makanan cadangan dalam sel tumbuh-tumbuhan.

2.5 Pengujian Komposit

2.5.1 Karakteristik Komposit

Untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan, tentu kita harus mengadakan pengujian terhadap bahan tersebut. Ada beberapa jenis uji yang akan dilakukan, yaitu uji fisis yang meliputi uji porositas dan daya serap air, uji mekanis yang meliputi uji lentur, uji dampak, dan uji tarik, dan uji termal yang meliputi uji titik nyala dan uji titik bakar.

1. Kerapatan

Kerapatan adalah nilai perbandingan antara massa dengan volume papan komposit. Maloney dalam Adi Jatmiko (2006) mengemukakan bahwa kerapatan merupakan factor penting dalam menentukan jenis bahan yang akan digunakan dalam pembuatan produk papan komposit, dimana sifat ini sangat berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanis papan lainnya. Makin tinggi kerapatan papan komposit yang dibuat maka semakin besar tekanan yang digunakan pada saat pengempaan (Widarmana dalam Adi Jatmiko, 2006).

Kerapatan merupakan ukuran kepadatan dari suatu material. Ada dua macam densitas yaitu : *bulk density* dan *true density*. *Bulk density* adalah densitas dari suatu sampel yang berdasarkan volume *bulk* atau volume sampel yang termasuk dengan pori-pori atau rongga yang ada pada sampel tersebut.

Berdasarkan kerapatannya, Maloney dalam Adi Jatmiko (2006) membagi papan partikel dalam tiga golongan yaitu:

- a. Papan partikel berkerapatan rendah (*low density particle board*) yaitu papan yang mempunyai kerapatan kurang dari $0,4 \text{ g/cm}^3$.
- b. Papan partikel berkerapatan sedang (*medium density particle board*) yaitu papan yang mempunyai kerapatan $0,4 - 0,8 \text{ g/cm}^3$.
- c. Papan partikel berkerapatan tinggi (*high density particle board*) yaitu papan yang mempunyai kerapatan lebih dari $0,8 \text{ g/cm}^3$.

2. Daya Serap Air

Pada saat terbentuk sampel, kemungkinan terjadinya udara yang terjebak dalam lapisan agregat atau terjadi karena dekomposisi mineral yang pembentuk akibat perubahan cuaca, maka terbentuklah lubang atau rongga kecil di dalam butiran agregat (pori). Pori dalam sampel bervariasi dan menyebar diseluruh butiran. Pori-pori mungkin menjadi reservoir air bebas didalam agregat.

Presentase berat air yang mampu diserap agregat dan serat didalam air disebut daya serapan air, sedangkan banyaknya air yang terkandung dalam agregat dan serat disebut kadar air.

Pengujian daya serap air ini telah dilakukan terhadap semua jenis variasi sampel yang ada, berikut data hasil penimbangan berat sampel kering dan berat sampel basah. Pengujian daya serap air (*Water absorbtion*) dilakukan pada masing-masing sampel pengeringan. Lama perendaman dalam air adalah selama 24 jam dalam suhu kamar. Massa awal sebelum direndam diukur dan massa sesudah perendaman.

Pengujian daya serap air ini mengacu pada ASTM C-20-00-2005 tentang prosedur pengujian, dimana bertujuan untuk menentukan besarnya persentase air yang terserap oleh sampel yang direndam dengan perendaman selama 24 jam.

3. Kadar Air

Kadar air papan partikel merupakan jumlah air yang masih tertinggal didalam rongga sel, rongga intraselular, dan antar partikel selama proses pengepresan perekat dengan kempa panas. Kadar air ini ditentukan oleh kadar air sebelum kempa panas, jumlah air yang terkandung pada perekat serta kelembaban udara sekeliling karena adanya lignoselulosa yang bersifat higroskopis. Kadar air komposit akan semakin rendah dengan meningkatnya kadar perekat yang digunakan, karena kontak antar partikel semakin rapat sehingga air akan sulit untuk masuk di antara partikel kayu (Widarmana dalam Adi Jatmiko, 2006).

4. Pengembangan Tebal

Menurut Mulyadi dalam Adi Jatmiko (2006) menyatakan bahwa factor terpenting yang mempengaruhi pengembangan tebal komposit atau papan partikel adalah kerapatan kayu pembentuknya. Papan partikel yang dibuat dari kayu dengan kerapatan rendah akan mengalami pengempaan yang lebih besar pada saat pembentukan sehingga dalam air akan terjadi pembebasan tekanan yang lebih besar yang mengakibatkan pengembangan tebal menjadi lebih tinggi.

5. Modulus Patah dan Modulud Elastisitas

Sifat yang dimaksud adalah tingkat keteguhan papan komposit dan papan partikel dalam menerima beban tegak lurus terhadap permukaan papan. Semakin tinggi kerapatan papan penyusunnya maka akan semakin tinggi sifat keteguhan dari papan komposit dan papan partikel (Haygreen dan Bowyer dalam Adi Jatmiko, 2006).

6. Keteguhan Retak Internal

Keteguhan retak internal adalah suatu ikatan antar partikel dalam lembaran komposit. Sifat keteguhan retak internal akan semakin sempurna dengan bertambahnya jumlah perekat yang digunakan dalam proses pembuatan papan partikel dan papan komposit ((Haygreen dan Bowyer dalam Adi Jatmiko, 2006).

7. Kuat Pegang Sekrup

Menurut Haygreen dan Bowyer dalam Adi Jatmiko (2006) mengemukakan bahwa papan komposit dan papan partikel structural yang memerlukan permukaan, kekuatan memegang paku juga perlu diketahui, sedangkan kekuatan memegang sekrup yang perlu diketahui untuk papan komposit dan papan partikel sebagai bahan baku industry metal.

2.5.2 Standar Pengujian

Berbagai standar yang digunakan dalam pengujian sifat-sifat komposit, yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2105-1996 dan *Japanese Industrial Standards* (JIS) A 5908 (2003). Karakteristik papan partikel komposit berdasarkan Standar pengujian sifat-sifat papan komposit berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2105-2006 dapat dilihat pada Tabel 6. dan Standar JIS A 5908-2003 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6. Sifat Fisis dan Mekanis dari Komposit Berdasarkan SNI 03-2105-2006

Sifat Fisis Mekanis	Persyaratan Nilai
Kerapatan (gr/cm^3)	0,5 - 0,9
Kadar Air (%)	≤ 14
Daya Serap Air (%)	-
Pengembangan Tebal (%)	Maks 12
MOR (kg/cm^2)	Maks 82
MOE (kg/cm^2)	Maks 20.400
Kuat Rekat Internal (kg/cm^2)	Maks 1,5
Kuat Pegang sekrup (kg)	Min 30
<i>Linear Expansion</i> (%)	-
<i>Hardness</i> (N)	-
Emisi Formaldehid (ppm)	-

Sumber : Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2006

Tabel 7. Standar Pengujian Sifat-sifat Komposit Berdasarkan Standar JIS A 5908-2003

Sifat Papan Partikel	Persyaratan Nilai
Kerapatan (gr/cm^3)	0,40 – 0,90
Kadar Air (%)	5 – 13
Pengembangan Tebal (%)	Maks 12
MOR (N/mm^3)	
Tipe 8	Min 8
Tipe 13	Min 13
Tipe 18	Min 18
MOE (Mpa)	
Tipe 8	Min 2,0
Tipe 13	Min 2,5
Tipe 18	Min 3,0
Daya Pegang Sekrup (N)	
Tipe 8	Min 300
Tipe 13	Min 400
Tipe 18	Min 500
Keteguhan Retak Internal (N/mm^3)	
Tipe 8	Min 1,5
Tipe 13	Min 4,077

Tipe 18

Min 3,0

Sumber : Adi Jatmiko, 2006

Keterangan :

- * Tipe 8 adalah *base particle board* atau *decorative particle board* dengan kuat lentur minimal $8,0\text{N/mm}^3$ (82 kg/cm^2).
- * Tipe 13 adalah *base particle board* atau *decorative particle board* dengan kuat lentur minimal $13,0\text{N/mm}^3$ (133 kg/cm^2).
- * Tipe 18 adalah *base particle board* atau *decorative particle board* dengan kuat lentur minimal $18,0\text{N/mm}^3$ (184 kg/cm^2).