

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Kekuatan mekanik dari suatu komposit yang berbahan serat sangat dipengaruhi oleh fraksi volume serat itu sendiri, semakin banyak fraksi volume serat maka semakin tinggi juga kekuatan mekanik dari komposit tersebut (Gibson, 1994). Seperti penelitian yang telah dilakukan Herlina dkk (2012) menunjukkan bahwa kekuatan bending rata-rata pada komposit dengan fraksi volume 40 % yaitu 47,14 MPa, lebih kecil dibanding fraksi volume 50% yang sebesar 52,60 MPa. Sedangkan untuk fraksi volume 60 % memiliki kuat bending paling tinggi yaitu 56,88 MPa, yang lebih tinggi dari fraksi volume 40 % dan fraksi volume 50 %. Dari hasil di atas menunjukkan bila serat semakin banyak serat maka kuat bendingnya semakin meningkat.

Penelitian yang membahas mengenai komposit hibrid dengan satu serat dan dua jenis matriks yang berbeda pernah diteliti sebelumnya, misalnya penelitian yang dilakukan oleh Dairi dkk (2015) yang meneliti komposit hibrid yang menggunakan *double* matriks. Komposit hibrid terbuat dari serbuk kayu diperkuat *polypropylene* dan daur ulang *polythilene terephthalate* (r-PET). Perbandingan PP/r-PET/serbuk kayu masing-masing sebesar, (70%/20%/10%), (60%/20%/20%), dan (50%/20%/30%). Pengujian mekanik yang dilakukan yaitu uji tarik dan uji bending. Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan nilai tertinggi untuk pengujian tarik dan pengujian bending pada perbandingan PP/r-PET/serbuk kayu (70%/20%/10%) yaitu masing-masing 25,2 MPa untuk uji tarik dan 35,5 MPa untuk uji bending.

Hui dkk. (2013) meneliti material komposit yang diperkuat dua matriks berbeda dengan serat sisal, spesimen dicetak menggunakan *injection molding* menggunakan perbandingan PLA : PP = 9:1, 4:1, 3:1, dan 1:1 dengan fraksi volume serat 10%, 15%, dan 20%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perbandingan 1:1 memiliki nilai paling tinggi dari pada perbandingan lainnya.

Pada pengujian impak dengan volume 20% dengan perbandingan 1:1 memiliki nilai paling tinggi sebesar 21 J/mm², tidak jauh berbeda pada pengujian tarik dengan volume 20% dengan perbandingan 1:1 memiliki kekuatan tarik sebesar 38 MPa.

Nasmi (2011) dalam penelitiannya mengkaji ketahanan bending komposit hybrid serat batang kelapa/serat gelas dengan matrik *urea formaldehyde*. Dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kekuatan bending tertinggi komposit hybrid serat batang kelapa/serat gelas pada fraksi volume serat batang kelapa/serat gelas 10:20 % yaitu 22,7 N/mm² kemudian untuk fraksi volume 15:15 % yaitu 19,6 N/mm² dan fraksi volume 20:10 % sebesar 17,37 N/mm².

Panjang serat juga berpengaruh terhadap kekuatan mekanik dari komposit serat alam yang dibuat. Joseph, dkk (1993) melakukan penelitian sifat tarik komposit serat sisal bermatriks *polyethylene*. Variasi fraksi volume serat dan matriks yang dibuat yaitu 30% : 70% dengan variasi panjang serat 2,1 mm, 5,8 mm dan 9,2 mm. dan orientasi serat yang digunakan adalah serat acak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serat dengan panjang 5,8 mm memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 31,12 MPa.

Selain faktor fraksi volume, perlakuan kimia pada serat alam juga menjadi faktor penting yang mempengaruhi sifat mekanik pada komposit serat alam. Perbedaan sifat alami pada serat alam (*hydrophilic*) dan matrik PP dan HDPE yang (*hydrophobic*) menyebabkan ikatan antar serat dan matriks menjadi lemah dan dapat menurunkan sifat mekanik komposit, sehingga diperlukannya proses alkalisasi menggunakan larutan NaOH agar serat alam dapat terikat dengan matriks secara sempurna (Akil dkk, 2011). Perendaman serat menggunakan larutan alkali 6% NaOH selama 1 jam pada suhu ruangan merupakan konsentrasi yang optimum (Sosiati dkk, 2015)

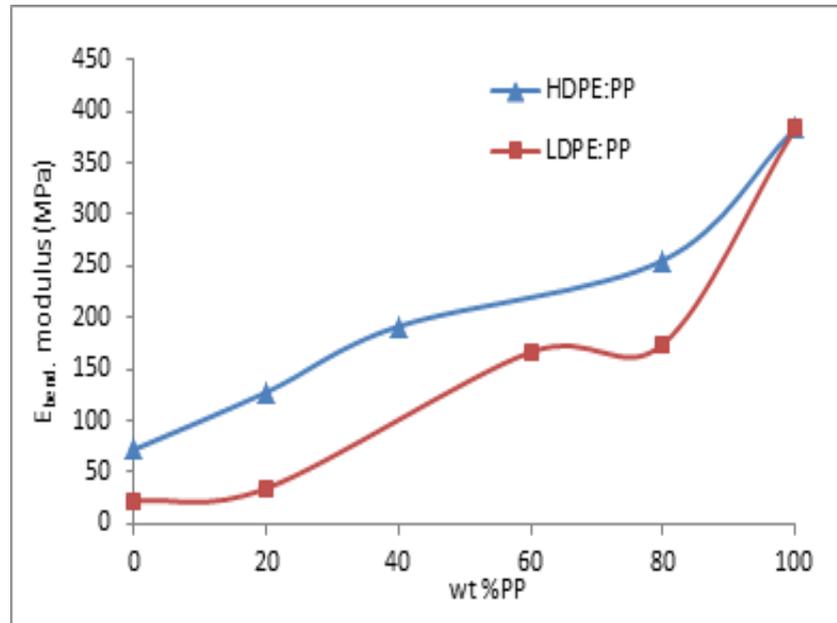
Penelitian mengenai *treatment* serat pernah dilakukan oleh Ray dkk (2001). Pada penelitiannya, permukaan serat jute diberikan perlakuan

perendaman dengan larutan alkali 5% selama 0, 2, 4, 6 dan 8 jam, dilanjutkan dengan pencucian serat untuk menetralkan larutan alkali dengan asam asetat (CH_3COOH), kemudian serat dikeringkan pada suhu ruangan selama 48 jam. Hasil menunjukkan, modulus elastisitas serat jute meningkat sebesar 12%, 68%, dan 79% setelah perlakuan berturut-turut selama 4, 6 dan 8 jam. Namun pada perlakuan permukaan 8 jam persentase regangan patah serat menurun sebesar 23%. Hasil pengujian kekuatan lentur komposit menunjukkan bahwa perlakuan alkalisasi selama 4 jam menghasilkan nilai kekuatan tertinggi dengan kurva *tenacity* dan % regangan patah bertamu pada satu titik

Penelitian lain mengenai proses perlakuan alkalisasi terhadap serat juga pernah dilakukan oleh Kosjoko (2017) dimana Pengujian tarik dan bending dilakukan pada komposit yang dibuat dengan serat tanpa perlakuan, dan komposit dengan serat perlakuan alkali NaOH 5% untuk masing-masing tebal spesimen 6 mm, fraksi volume 20%, 30%, dan 40% dengan proses pembuatan komposit yang sama. Hasil kekuatan tarik dan bending rata-rata serat komposit bambu tali perlakuan 5% NaOH didapatkan kekuatan tertinggi pada Fraksi volume 40% yang memiliki nilai kekuatan uji tarik sebesar 44,7 kN/mm² dan uji bending sebesar 21,9 kN/m dan Komposit serat bambu tali tanpa diperlakukan perendaman alkali (NaOH), menunjukkan uji tarik yang paling kuat pada fraksi volume 20%. Nilai kekuatan uji tarik sebesar 14,1 kN/mm² Uji bending sebesar 6,2 kN/mm². Hasil menunjukkan bahwa perlakuan alkalisasi sangat penting untuk menambah kekuatan mekanik dari komposit serat yang dibuat.

Matriks atau polimer juga sangat berpengaruh dalam pembuatan komposit, seperti halnya PP dan HDPE yang memiliki kuat bending yang berbeda. Seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Sihama, dkk (2013) yang menguji sifat mekanik antara PP/HDPE dengan PP/LDPE. Dari hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa (HDPE: PP) lebih tinggi dari (LDPE: PP) karena PP kompatibel. Maka dari itu membuat komposit dengan matrik PP/HDPE sangat memungkinkan untuk dilakukan agar mengetahui kekuatan maksimal komposit

saat telah dibuat hybrid dengan penambahan serat alam. Hasil pengujian sifat mekanik antara PP/HDPE dengan PP/LDPE dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah.



Gambar 2.1 Grafik hasil pengujian bending PP/HDPE : PP/LDPE

Perbandingan kekuatan mekanik dari matrik PP dan HDPE juga sangat berpengaruh dalam penelitian ini karena kedua jenis matrik yang digunakan memiliki sifat mekanik yang berbeda. Rahmawati (2010) pernah melakukan penelitian perbandingan penggunaan PP dan HDPE pada campuran Laston WC. Dari penelitian yang dilakukan bahwa nilai penetrasi aspal-PP lebih tinggi daripada nilai penetrasi dari aspal-HDPE saat dilakukan pencampuran dalam penggunaan laston WC. Sedangkan hasil untuk nilai titik lembek aspal-PP lebih rendah daripada aspal-HDPE. Dan juga matriks PP memiliki nilai stabilitas yang lebih tinggi dari HDPE.. Nilai penetrasi yang rendah mengakibatkan nilai stabilitas yang didapat tinggi, sehingga akan menyebabkan perkerasan akan menjadi kaku dan mudah retak akibat beban tekanan yang melindas aspal. Demikian pula sebaliknya, jika nilai stabilitas yang dihasilkan terlalu rendah kan menyebabkan mudahnya terjadi deformasi.

Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan diatas menunjukkan jika komposit hybrid memberi pengaruh yang besar terhadap kuat tekan/bending dari komposit jika dibandingkan dengan komposit yang hanya menggunakan satu jenis serat dan satu jenis matriks karena. Dan kekuatan komposit yang dibuat juga sangat berpengaruh pada fraksi volume serat, matriks dan macam-macam matriks yang digunakan. Namun dalam perlakuan kimia terhadap serat alam juga berpengaruh menurunkan kekuatan mekanik serat alam tersebut jika dilakukan dengan proses yang salah.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian Komposit

Material komposit merupakan suatu material didalam dunia teknik yang terdiri dari penggabungan dua jenis bahan yang mempunyai sifat berbeda sehingga menghasilkan sebuah material yang baru dengan sifat yang berbeda. Sedangkan menurut Matthews dkk, (1993), komposit merupakan suatu material yang terbentuk dari penggabungan dua atau lebih jenis bahan yang memiliki sifat fisis dan mekanik berbeda atau tidak homogen, dimana pembuatannya dengan cara mencampurkan bahan tersebut. Tujuan dari pembuatan material komposit ini adalah untuk menggabungkan kedua jenis bahan berbeda memiliki kelebihan dan kekurangan untuk memperoleh suatu material yang lebih baik. Penyusun material komposit terdiri dari 2 jenis material, yaitu :

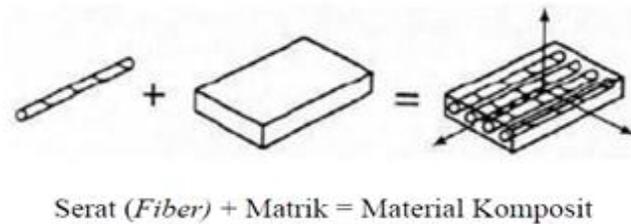
1. Matriks

Matriks adalah fasa dalam komposit yang berfungsi sebagai pengikat dan mempunyai fraksi volume terbesar dan melindungi penguat atau *filler* dari kerusakan.

2. Penguat (*filler*)

Berfungsi sebagai salah satu bagian utama dari komposit yang menopang dan penanggung beban utama.

Ilustrasi Ikatan Komposisi Komposit antara matriks dan filler dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah.



Gambar 2.2 Ilustrasi Ikatan Komposisi Komposit (Jones, 1999)

2.2.2 Faktor Yang Mempengaruhi Komposit

Dalam material komposit memiliki faktor yang mempengaruhi performa komposit, diantaranya yaitu :

1. Faktor Serat

Serat merupakan bahan utama pada komposit yang memiliki pengaruh besar dan digunakan agar mampu memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, juga diharapkan dapat menjadi bahan penguat matrik untuk menahan gaya yang akan terjadi. Menurut Nahyudin (2016), bahan penguat serat memiliki beberapa faktor yang dapat mempengaruhinya, diantaranya :

a. Panjang ukuran serat

Dalam campuran komposit ada dua jenis panjang serat yang digunakan yaitu serat panjang dan serat pendek. Serat panjang memiliki keuntungan yaitu dapat mengalirkan beban maupun tegangan sehingga mempunyai tegangan yang sama besar, menghasilkan penguatan yang lebih besar atau tinggi, penyusutan serat yang rendah, dan lebih stabil dalam dimensinya. Sedangkan keuntungan serat pendek adalah dalam orientasi yang benar mampu menghasilkan kekuatan yang lebih besar dibandingkan *continous fiber*, mudah dalam proses pembuatan dan tidak memerlukan waktu yang lama dalam pembuatannya.

b. Orientasi serat

Pada orientasi serat akan menentukan besarnya kekuatan mekanik dari komposit, orientasi serat dengan satu arah akan menghasilkan kekuatan dan kekakuan yang sangat tinggi dikarenakan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit tersebut. Pada pencampuran dan arah

serat mempunyai keunggulan yaitu jika orientasi serat semakin acak (*random*) maka sifat mekanik pada serat satu arahnya akan melemah dan jika arah tiap serat menyebar atau acak maka kekuatannya juga akan menyebar kesegala arah maka kekuatannya akan meningkat.

c. Bentuk serat

Bentuk serat yang digunakan untuk pembuatan komposit pada umumnya adalah diameternya berbentuk lingkaran, tetapi semakin kecil ukuran diameter seratnya akan menghasilkan kekuatan komposit yang tinggi.

d. Material serat

Material serat merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan besar kekuatan mekanik komposit. Granit, serat gelas, dan aramid adalah contoh material serat yang kuat daripada serat alam.

2. Faktor Matriks

Matriks dalam komposit berfungsi sebagai bahan untuk mengikat serat menjadi unit yang terstruktur, melindungi dari perusakan eksternal, meneruskan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik sehingga saling berhubungan. Sifat matrik ini harus diperhatikan dalam proses fabrikasi komposit, seperti tahan panas dan tahan terhadap guncangan.

3. Faktor Ikatan

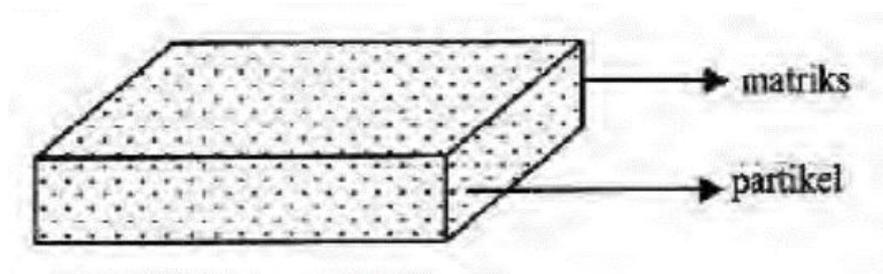
Dalam ikatan ada hal yang mempengaruhi antara serat dan matrik yaitu *void*. *Void* timbul karena adanya celah pada serat atau bentuk serat yang kurang sempurna menyebabkan matrik tidak mampu mengisi ruang kosong yang tersedia sehingga udara terjebak didalam komposit pada saat proses pembuatan komposit. Adanya *void* yang terdapat pada komposit ini menyebabkan komposit yang menerima beban maka tegangan akan berpindah ke daerah *void* dan kekuatan komposit akan menurun (Schwartz, 1984).

2.2.3 Klasifikasi Material Komposit

Berdasarkan dari jenis bentuk material dan penyusunnya, komposit dibedakan menjadi 3 jenis yaitu : komposisi partikel, komposisi serat dan komposisi laminat (Jones,1975)

1. Komposit Partikel (*Particulate Composites*)

Komposit partikel merupakan komposit yang bahan pengisinya atau penguatnya menggunakan serbuk yang terdistribusi secara merata didalam matriksnya, seperti pada Gambar 2.3 dibawah.



Gambar 2.3 Partikel komposit (Gibson, 1994)

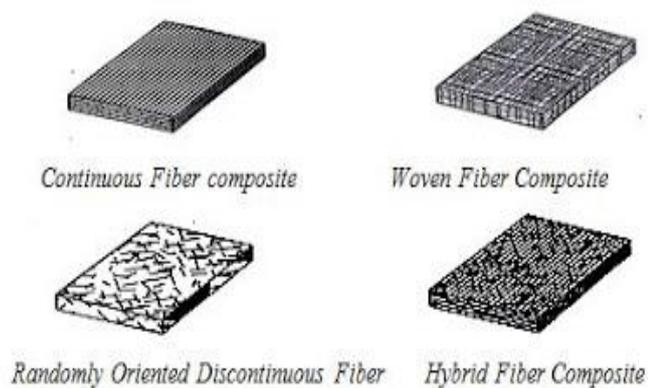
Komposit ini biasanya memiliki bahan penguat yang ukurannya kurang lebih sama, seperti bentuk bulat serpih, bentuk balok, serta bentuk yang memiliki sumbu hampir sama, yang biasanya disebut partikel atau serbuk dan terbuat dari satu atau lebih material yang didistribusikan dalam suatu matriks yang berbeda. Partikel atau serbuk ini dapat berupa logam atau non logam.

2. Komposit serat (*Fibrous Composite*)

Komposit serat merupakan komposit yang terdiri dari serat dengan matriks. Secara alami serat memiliki kekuatan yang lebih dibandingkan matriksnya, maka dari itu serat memiliki peran sebagai penopang kekuatan dari komposit. Komposit ini memiliki komposisi yang terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat. Serat yang biasanya digunakan yaitu *fiber glass*, *carbon fibers* dan sebagainya.

Komposisi serat dibedakan berdasarkan penempatan atau orientasi seratnya, yaitu :

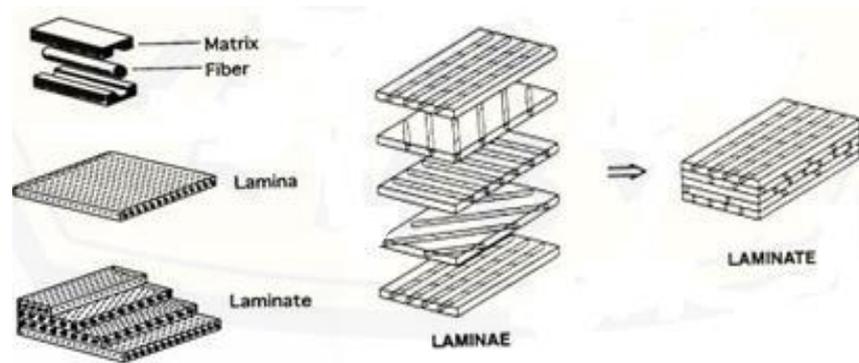
- a. *Continuous fiber composite* (komposit serat yang susunannya secara kontinu), mempunyai susunan serat yang relatif panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriknya yang tersusun secara teratur. Jenis ini memiliki kelemahan pada pemisahan antar lapisan, hal ini terjadi karena kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriksnya.
 - b. *Woven fiber composite* (komposit serat yang susunannya secara anyam), merupakan komposit yang menggunakan serat yang dianyam. Komposit ini tidak terpengaruh pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya yang mengikat antar lapisan.
 - c. *Randomly Oriented Discontinuous Fiber* (komposit serat yang susunannya secara pendek atau acak).
 - d. *Hybrid Fiber composite* (komposit serat yang susunannya secara kontinyu dan serat acak). Tipe ini merupakan gabungan dari tipe serat lurus dengan serat acak dan digunakan agar dapat mengatasi kekurangan sifat dari kedua tipe serta menggabungkan kelebihan keduanya.
- Gambar 2.4 dibawah menjelaskan jenis orientasi komposit serat.



Gambar 2.4 Jenis orientasi komposit serat (Gibson, 1994)

3. Komposit Laminat (*Laminate Composite*)

Komposit laminat atau lapisan merupakan komposit yang terdiri dari matrik dan bahan penguatnya tersusun secara berlapis-lapis yang setiap lapisannya memiliki sifat karakteristik berbeda yang terikat bersama seperti yang terlihat pada Gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 Komposisi Komposit Serat (Gibson, 1994)

Menurut Mathews dkk, (1993) dilihat berdasarkan dari jenis bahan matriks yang digunakan komposit dibagi menjadi 3, yaitu :

- a. Komposit matriks logam (*Metal Matrix Composites/MMC*).

MMC adalah material komposit yang menggunakan logam sebagai bahan matriksnya dan banyak digunakan pada industri otomotif. Keunggulan MMC dibandingkan komposit polimer yaitu transfer regangan dan tegangannya yang sangat baik, kekuatan geser serta tekan yang baik, dan mempunyai pemuaian thermal dan ketahanan aus yang baik. Sifat matrik pada MMC adalah mempunyai keuletan yang besar dan densitas serta titik lebur yang sangat rendah.

- b. Komposit matriks keramik (*Ceramic Matrix Composites/CMC*).

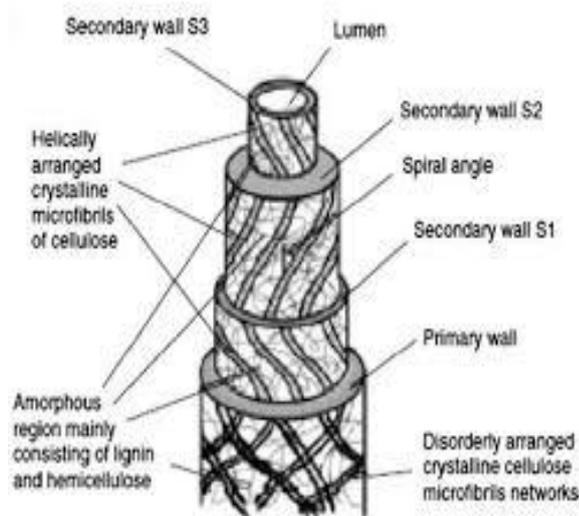
Komposit CMC menggunakan keramik sebagai bahan yang digunakan sebagai matriks. Keunggulan CMC adalah mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus, memiliki dimensi dan temperaturnya tinggi unsur kimianya yang stabil, dan memiliki ketangguhan dan kekuatan tinggi.

- c. Komposit matriks polimer (*Polymer Matrix Composites/PMC*).

PMC merupakan komposit yang menggunakan bahan polimer sebagai matriksnya. Keuntungan PMC yaitu pembuatannya dapat diproduksi secara massal atau dalam jumlah banyak, biayanya murah, pemakaiannya jangka lama (awet), memiliki ketangguhan yang baik, ringan dan proses pembuatannya dapat dipersingkat.

2.2.4 Serat Alam

Serat alam adalah serat yang dapat diperoleh langsung dari alam atau jenis serat yang berasal dari tumbuhan dan hewan. Serat alam memiliki keunggulan dibandingkan dengan serat sintetis yaitu massa jenisnya yang rendah, murah, ramah lingkungan, dan tidak berbahaya atau beracun. Serat alam sekarang banyak digunakan dan dikembangkan diberbagai bidang industri, misalnya industri otomotif, farmasi, dan industri kertas. Serat alam yang sering digunakan yaitu, serat rami, kenaf, sisal, nanas, pelepah kurma, bambu dan serabut kelapa. Secara umum, serat yang berasal dari tumbuhan tersusun dari beberapa komponen penyusun yaitu selulosa, hemiselulosa, lignin, lilin dan komponen yang dapat larut dalam air. Struktur serat alam yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 terdiri dari dua bagian utama, yang pertama yaitu dinding sel yang didalamnya terdapat beberapa lapisan yaitu lamella tengah, dinding primer yang sangat tipis, dan dinding sekunder dengan kandungan *amorf* yang meliputi dari komponen lignin dan hemiselulosa dan tersusun oleh dinding sekunder (S1), dinding sekunder tengah (S2), dan dinding sekunder internal (S3). Bagian utama yang kedua dari struktur serat yaitu inti sentral yang biasanya sering disebut lumen, dimana lumen ini berfungsi sebagai yang membawa air dan nutrisi.



Gambar 2.6 Struktur Serat Alam (Rouison D dkk, 2004)

Serat memiliki selulosa yang dimana merupakan komponen utama penyusun dinding sel pada serat alam dan sering ditemui dalam keadaan yang tidak murni, melainkan selalu berkaitan dengan lignin, dan hemiselulosa yang membentuk lignin selulosa. Kandungan selulosa pada serat alam sangat tinggi yaitu mencapai hingga 35% – 50% dari berat kering tanaman tersebut (Lee R. Lynd dkk, 2002).

2.2.5 Serat Kenaf (*Hibiscus Cannabinus*)

Tanaman kenaf merupakan salah satu tanaman tropis yang memiliki batang tunggal bercabang yang dikembangkan di Indonesia sejak sekitar tahun 1979/1980 bersama tanaman rosela (*Hibiscus sabdariffa L.*), dan tanaman yute (*Corchorus capsularis L.*) yang dikenal dalam program ISKARA (Intesifikasi Serat Karung Rakyat).. Tanaman kenaf ini terdapat di Provinsi Jawa Barat, Jawa Timur, Jawa Tengah, Lampung, dan Kalimantan Selatan. Tanaman kenaf dapat dipanen ketika berumur 4 bulan dengan tinggi batang mencapai 2,5 – 4,2 meter dan memiliki diameter 2,7 cm (Fauziah, 2009). Di Indonesia awalnya kenaf digunakan untuk bahan baku industri goni, namun saat ini tanaman kenaf yang dikembangkan dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam industri otomotif seperti interior mobil.

Serat kenaf berpotensi sebagai penguat komposit yang mempunyai keunggulan yang mudah diperbaharui (*renewable*), dapat terbiodegradasi, ringan, murah, ramah lingkungan, tidak beracun, sifat mekanik tinggi, dan tidak beracun, non abrasif, dan berlimpah di Indonesia (Peijs, 2002). Serat kenaf diperoleh dari kulit pohon kenaf yang terikat dengan serat *lignocellulosic* dengan melalui proses. Ukuran ikatan serat yang akan digunakan tergantung dari sel utama disetiap ikatan, yang biasanya ditunjukkan dengan adanya kandungan *lignin* didalamnya. Kandungan *lignin* yang terdapat didalam serat kenaf mempresentasikan jumlah sel utama disetiap ikatan serat. Serat kenaf tersusun dari 44-62 % selulosa, 14-20 % hemiselulosa, 6-19% *lignin*, 4-5% *pectin* dan 0-3% abu.. *Lignin* harus dilakukan pengekstraksian untuk memisahkan serat yang ingin dihasilkan (Kaldor, 1989).

2.2.6 Matriks

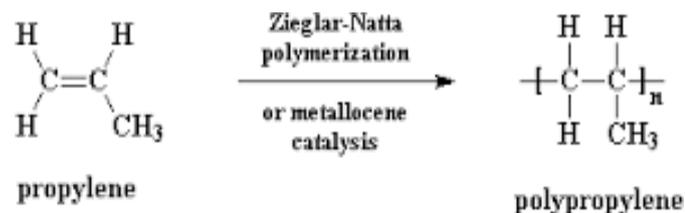
Matrik merupakan salah satu elemen pada komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (Gibson, 1994). Matrik dalam komposit berguna sebagai bahan pengikat serat agar menjadi sebuah unit struktur, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik, serta melindungi dari kerusakan eksternal. Matrik dan serat harus saling melekat satu sama lain dan juga harus bebas dari reaksi yang mengganggu.

Fungsi dari matrik antara lain:

- Mengikat *filler* agar tetap pada posisinya.
- Melindung serat dari gesekan mekanik.
- Mentransfer tegangan ke serat secara merata.
- Tetap Stabil setelah proses fabrikasi.
- Melindungi dari kerusakan eksternal

2.2.7 PP (Polypropylene)

Polypropylene adalah salah satu jenis polimer termoplastik yang paling sering digunakan karena merupakan jenis polimer termoplastik dan prosesnya sangat mudah misalnya dengan menggunakan proses cetakan, ekstrusi, dan lain-lain. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.7 polimer jenis ini memiliki sifat tidak beraroma, tahan terhadap bahan kimia anorganik non pengoksidasi, deterjen, alkohol, dan lain-lain. Tetapi *polypropylene* ini dapat terdegradasi oleh bahan kimia seperti zat pengoksidasi (asam nitrat dan hidrogen peroksida). Sifat-sifat *polypropylene* hampir sama dengan sifat *polyethylene*, diantara bahan polimer *polypropylene* memiliki sifat cetak yang baik, massa jenisnya rendah 0,9 – 0,92 g/cm³, dan memiliki titik lebur yang tinggi dibanding *polyethylene*.



Gambar 2.7 Reaksi Polimerisasi Polyproylene

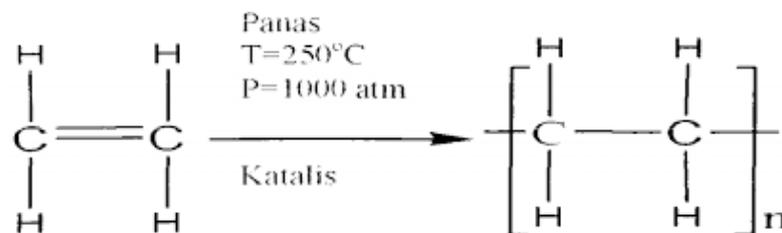
Dilihat pada tabel 2.1 *Polypropylene* memiliki sifat yang lentur namun kuat dan kemampuan mekanis yang tahan terhadap kelelahan dan keretakan yang baik dibandingkan *polyethylene* sehingga matriks ini banyak digunakan dan dikembangkan oleh PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia sebagai komponen dan interior pada mobil (Fauziah, 2009).

Tabel 2. 1 Karakteristik *Polypropylene* (Parlin, 2004)

Deskriptif	<i>Polypropylene</i>
Densitas pada suhu 20°C (gr/cmm ³)	0,90
Suhu melunak (°C)	149
Titik lebur (°C)	170
Kristalinitas (%)	60-70
Indeks fluiditas	0,2-2,5
<i>Modulus of elaciticity</i> (kgg/cm ³)	11000-13000
Tahanan Volumertrik (Ohm cm ²)	1017
Konstanta dielektrik (60-108 cycle)	2,3
Permeabilitas gas-Nitrogen	4,4
Oksigen	23
Gas karbon	92
Uap air	600

2.2.8 PE (Polyethylene)

Polyethylene merupakan salah satu jenis polimer yang terbentuk melalui proses polimerisasi monomer. *Polyethylene* disebut juga polietena atau politena yang merupakan etena homopolimer memiliki berat molekul 1500 – 100.000 dengan perbandingan C (85,7%) dan H (14,3%) seperti reaksi polimerisasi pada Gambar 2.8. dapat dibuat melalui proses polimerisasi etilena cair pada suhu dan tekanan tinggi atau rendah. Polimer ini memiliki sifat ulet, lentur, tahan terhadap bahan kimia, serapan uap air rendah, serta mudah diproses. *Polyethylene* dibagi 4 jenis berdasarkan densitasnya, yaitu LDPE, LLDPE, HDPE, dan MDPE (Marpaung, 2011).



Gambar 2.8 Reaksi Polimerisasi Polyethylene

1. LDPE

LDPE (*Low Density Polyethylene*) dibuat dengan cara melakukan polimerisasi dengan tekanan yang tinggi. Kekakuan dan kuat tarik yang dimiliki LDPE lebih rendah dibandingkan dengan HDPE (*modulus young* 20.000 – 30.000 psi dan kuat tarik 1200 – 2000 psi), tetapi LDPE ini memiliki derajat elongasi yang tinggi (400 – 800%), maka jenis polimer ini mempunyai ketahanan untuk putus yang tinggi. Titik leleh LDPE berkisar pada suhu 105 °C – 115 °C. LDPE dalam dunia perdagangan lebih dikenal dengan nama sebutan *alathon*, *dylan* dan *fortiflex*.

2. LLDPE

LLDPE (*Linier Low Density Polyethylene*) merupakan kopolimer etilen dengan beberapa sedikit jumlah kandungan heksana, butan, atau oktan sehingga memiliki percabangan yang banyak pada rantai utama

dengan jarak yang teratur. LLDPE lebih kuat dibandingkan dengan LDPE.

3. HDPE

HDPE (*High Density Polyethylene*) adalah jenis bahan yang memiliki berat jenis sekitar $0,935 - 0,965 \text{ gr/cm}^3$, dibuat dengan cara melakukan polimerisasi dengan menggunakan tekanan dan suhu yang rendah sekitar ($50 - 70^\circ\text{C}$). HDPE sering digunakan untuk pembuatan botol plastik, obat, minuman dan tutup plastik. HDPE memiliki sifat yang keras namun tidak terlalu lentur. Plastik ini dapat tahan terhadap lembab dan mampu menahan reaksi kimia.

4. MDPE (*Medium Density Polyethylene*) memiliki sifat lebih kaku dari LDPE dan titik lelehnya lebih tinggi dari LDPE yang suhunya berkisar $115^\circ\text{C} - 125^\circ\text{C}$.

Polimer *polyethylene* adalah bahan polimer yang mempunyai tingkat kekerasan yang tinggi dan baik, dapat tahan terhadap bahan kimia kecuali oksida kuat dan halida, mampu larut dalam hidrokarbon aromatik dan larutan hidrokarbon yang terklorinasi diatas suhu 70°C . Sifat - sifat yang dimiliki *polyethylene* sangat dipengaruhi oleh struktur rantai dan kerapatannya. LDPE yang mempunyai sifat lebih lentur, kedap air, ketahanan terhadap listrik yang baik, dan memiliki tembus cahaya yang kurang baik dibandingkan HDPE. Kristalinitas yang dimiliki HDPE sangat rendah yang disebabkan oleh cabang dari rantai polimer, hal ini yang menyebabkan LDPE lebih elastis dibandingkan dengan HDPE. Sedangkan sifat HDPE yang mempunyai sifat kristalinitas yang lebih kaku karena termasuk polimer linier. Pada Tabel 2.2 dapat dilihat perbandingan Sifat Fisik dan Mekanik Polyethylene dan Polypropylene. Bentuk rantai dan kerapatan yang dimiliki ini sangat berbeda menyebabkan polimer ini mempunyai sifat yang berbeda. Menurut Cowd, (1991) ada dua cara yang dapat dilakukan dalam proses pembuatan rantai panjang dari polimer termoplastik *polyethylene* secara umum yaitu :

- a. Proses dengan kondisi pada tekanan tinggi yang dapat menghasilkan LDPE.
- b. Proses dengan kondisi pada tekanan rendah yang dapat menghasilkan HDPE.

Tabel 2.2 Sifat Fisik dan Mekanik *Polyethylene* dan *Polypropylene* (Calister, 2007)

Sifat fisik	HDPE	LDPE	PP
Berat jenis	0,94-0,96	0,91-0,93	0,90-0,91
Kekuatan tarik, MPa	22,1-31	8,3-31,4	31-41,1
Modulus young, GPa	1,06-1,09	0,17-0,28	1,14-1,5
Yield strength, MPa	26,2-31	9,0-14,5	31,0-37,1
Titik lebur °C	137	115	175

2.2.9 Alkalisasi

Perbedaan sifat alami pada serat alam (*hydrophilic*) dan matriks (*hydrophobic*) menyebabkan ikatan antar serat dan matriks menjadi lemah dan dapat menurunkan sifat mekanik komposit, sehingga diperlukannya proses alkalisasi (Akil dkk, 2011). Alkalisasi pada serat alam dilakukan dengan tujuan untuk melarutkan kotoran yang menempel pada lapisan luar serat dan kandungan lignin. Larutan yang biasanya digunakan dalam proses alkalisasi yaitu NaOH (Natrium Hidroksida), KOH (Kalium Hidroksida) dan LiOH (Lithium Hidroksida).

Bila serat digabungkan dengan polimer seperti *polypropilene* dan *polyetilene* yang mempunyai sifat *hydrophobic*, suatu ikatan lemah antara polar dan non polar akan terbentuk dan menghasilkan komposit dengan kinerja yang lemah, maka dari itu agar serat dan polimer tercampur merata serat alam harus dirubah sifatnya menjadi hidrofobik dengan cara perlakuan alkalisasi.

Serat yang telah diberi perlakuan alkalisasi akan memiliki tingkat penyerapan *moisture* yang tinggi jika proses alkalisasi terlalu lama dan konsentrasi yang tinggi, dikarenakan lignin yang masih menempel pada selulosa telah larut. Lignin memiliki sifat *hydrophobic* yang kompatibel dengan matrik, sehingga dengan proses alkalisasi yang tepat dapat memperbaiki kompatibilitas serat dengan matriknya dikarenakan lignin yang melekat pada selulosa tidak seluruhnya larut (John & Anandjiwala, 2008). Sosiati dkk (2013) menjelaskan bahwa proses alkalisasi pada suhu yang tinggi dapat merusak kandungan lignin dan hemi selulosa dari serat tersebut dan dapat menurunkan kekuatannya mekaniknya.

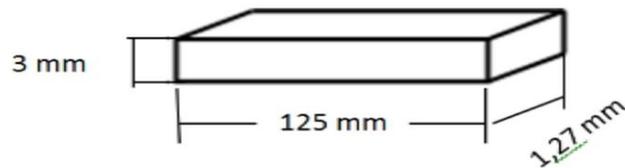
2.2.10 Pengujian Bending Komposit

Pengujian bending adalah salah satu pengujian yang sudah lama dipakai karena dapat dilakukan pada bahan uji berbentuk standar dan tidak perlu menggunakan mesin uji khusus atau mesin uji seperti biasanya (Supardi, E, 1999). Pengujian suatu bahan dimaksudkan untuk memperoleh kepastian mengenai sifat-sifat dan kekuatan bahan tersebut. Melalui pengujian yang teliti akan diketahui apakah bahan tersebut dapat digunakan untuk suatu konstruksi tertentu.

Pengujian bending (bengkok) merupakan salah satu pengujian yang dipakai sejak lama karena dapat dilakukan terhadap batang uji berbentuk sederhana. Pengujian bengkok dapat dilakukan terhadap bahan getas dan untuk bahan liat dimaksudkan agar dapat menentukan adanya cacat dan retakan pada permukaan material. Pengujian bengkok pada bahan keras dan getas adalah cara terbaik untuk menentukan kekuatan dan kegetasan.

Untuk mengetahui kekuatan bending dapat dilakukan pengujian dengan mesin uji Torsee. Pada pengujian bending, bagian atas spesimen akan mengalami tegangan tekan dan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik.

Bentuk spesimen pengujian ketahanan bending sesuai dengan standar ASTM D 790 dapat dilihat pada Gambar 2.9 dibawah.



Gambar 2.9 Spesimen uji bending ASTM D 790

Rumus dasar pengukuran tegangan bending yang terjadi pada spesimen uji dapat dilakukan menggunakan perhitungan berikut :

$$\sigma = \frac{M \cdot C}{I} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

σ = Tegangan Normal (Mpa)

M = Momen lentur pada penampang melintang yang ditinjau

C = Jarak dari sumbu netral ke elemen yang ditinjau

I = Momen inersia penampang

Kekuatan *bending* suatu material dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\sigma = \frac{3PL}{2b \cdot d^2} \left[1 + 6 \left(\frac{D}{L} \right)^2 - 4 \left(\frac{d}{L} \right) \left(\frac{D}{L} \right) \right] \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

σ = Kekuatan Bending (Mpa)

P = Beban (N)

D = Defleksi (mm)

L = Panjang span (mm)

b = lebar batang uji (mm)

d = tebal batang uji (mm)

Sedangkan untuk mencari modulus elastisitas bending menggunakan rumus

$$E_b = \frac{L^3 m}{4bd^3} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

E_b = Modulus Elastisitas Bending (GPa)

L = Panjang Span / Support span(mm)

b = Lebar/ Width (mm)

d = Tebal / Depth (mm)

m = Slope Tangent pada kurva beban defleksi (mm)

kemudian untuk mencari regangan bending menggunakan rumus

$$\epsilon_f = \frac{6Dd}{L^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

ϵ_f = Regangan Bending (%)

D = Defleksi (mm)

d = Tebal / Depth (mm)

L = Panjang Span / Support span (mm)