

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari logam, kekakuan jenis (*modulus Young/density*) dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam. Beberapa lamina komposit dapat ditumpuk dengan arah orientasi serat yang berbeda, gabungan lamina ini disebut sebagai laminat. Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

- a. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang ductile tetapi lebih rigid serta lebih kuat, dalam laporan ini penguat komposit yang digunakan yaitu dari serat alam.
- b. Matriks, umumnya lebih ductile tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah.

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu :

1. *Fibrous Composites* (Komposit Serat) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu laminat atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, *aramid fibers (poly aramide)*, dan sebagainya. Fiber ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.
2. *Laminated Composites* (Komposit Laminat) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.
3. *Particulate Composites* (Komposit Partikel) merupakan komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.

Sehingga komposit dapat disimpulkan sebagai dua macam atau lebih material yang digabungkan atau dikombinasikan dalam skala makroskopis (dapat terlihat langsung oleh mata) sehingga menjadi material baru yang lebih berguna. Komposit terdiri dari 2 bagian utama yaitu :

- a. *Matriks* berfungsi untuk perekat atau pengikat dan pelindung *filler* (pengisi) dari kerusakan eksternal. Matriks yang umum digunakan : *carbon, glass, kevlar*, dll
- b. *Filler* (pengisi), berfungsi sebagai Penguat dari matriks. *Filler* yang umum digunakan : *carbon, glass, aramid, kevlar*.

2.2 Klasifikasi Bahan Komposit

Klasifikasi bahan komposit dapat dibentuk dari sifat dan strukturnya. Bahan komposit dapat diklasifikasikan kedalam beberapa jenis. Secara umum klasifikasi komposit yang sering digunakan antara lain seperti :

1. Klasifikasi menurut kombinasi material utama, seperti metal-organic atau metal anorganic.
2. Klasifikasi menurut karakteristik built-from, seperti system matrik atau laminate.
3. Klasifikasi menurut distribusi unsur pokok, seperti *continous* dan *dicontinuous*.
4. Klasifikasi menurut fungsinya, seperti elektrik atau structural (Schwartz, 1984)

Sedangkan klasifikasi menurut komposit serat (*fiber-matrik composites*) dibedakan menjadi beberapa macam antara lain :

1. *Fiber composite* (komposit serat) adalah gabungan serat dengan matrik
2. *Filled composite* adalah gabungan matrik *continous skeletal* dengan matrik yang kedua
3. *Flake composite* adalah gabungan serpih rata dengan matrik
4. *Particulate composite* adalah gabungan partikel dengan matrik
5. *Laminate composite* adalah gabungan lapisan atau unsur pokok lamina (Schwartz, 1984 : 16)

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 diikat oleh

matrik. Bentuk partikel ini dapat bermacam-macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan berbentuk yang tidak beraturan secara acak. Sedangkan bahan komposit serat terdiri dari serat – serat yang diikat oleh matrik. Bentuknya ada dua macam yaitu serat panjang dan serat pendek.

2.2.1. Bahan Komposit Partikel

Dalam struktur komposit, bahan komposit partikel tersusun dari partikel-partikel disebut bahan komposit partikel (*particulate composite*) menurut definisinya partikel ini berbentuk beberapa macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan berbentuk yang tidak beraturan secara acak, tetapi rata-rata berdimensi sama. Bahan komposit partikel umumnya digunakan sebagai pengisi dan penguat bahan komposit keramik (*ceramic matrix composites*). Bahan komposit partikel pada umumnya lebih lemah dibanding bahan komposit serat. Bahan komposit partikel mempunyai keunggulan, seperti ketahanan terhadap aus, tidak muda retak dan mempunyai daya pengikat dengan matrik yang baik.

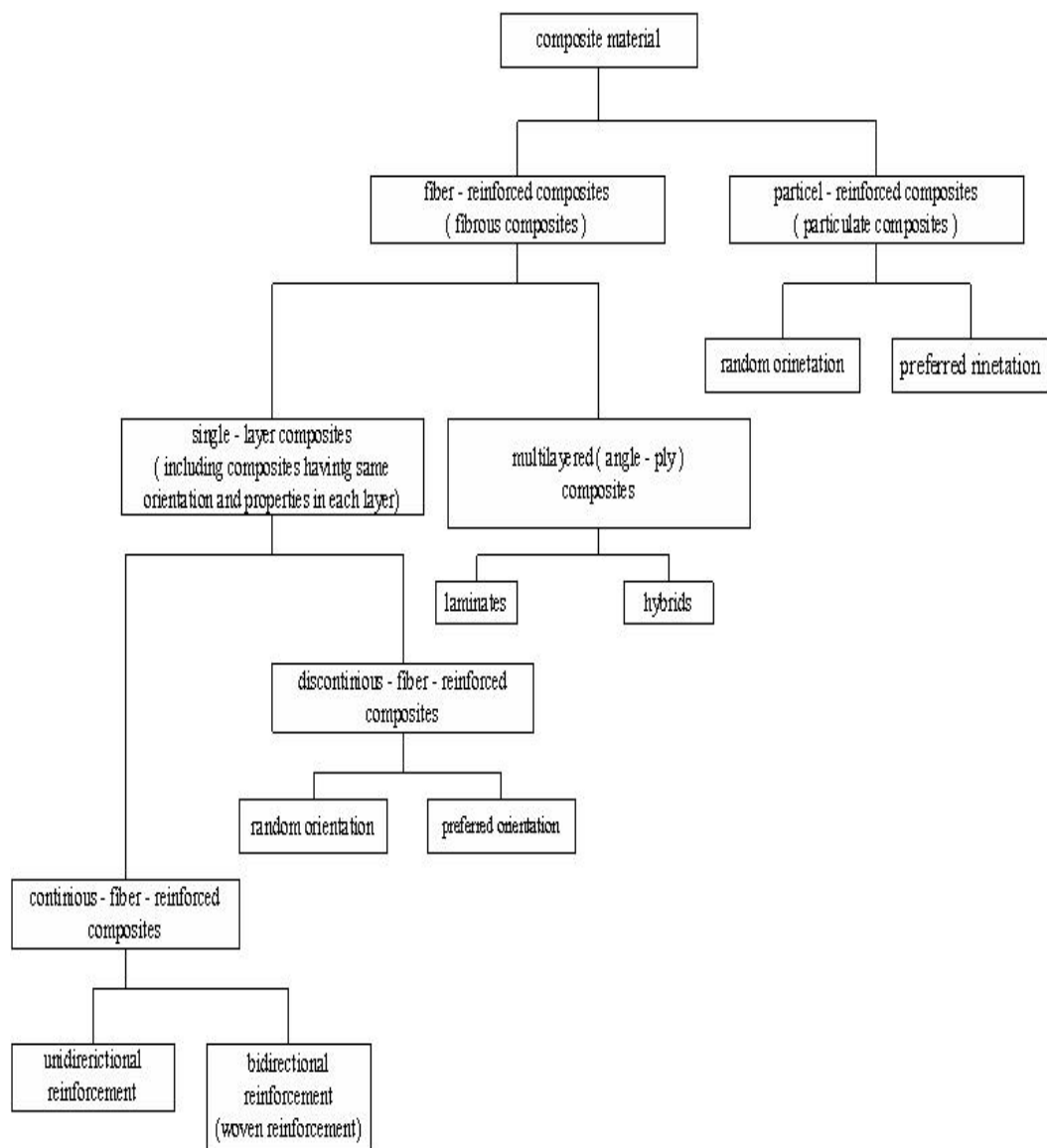
Bahan komposit partikel merupakan jenis dari bahan komposit dimana bahan penguatnya adalah terdiri dari partikel-partikel. Secara definisi partikel itu sendiri adalah bukan serat, sebab partikel itu tidak mempunyai ukuran panjang. Sedangkan pada bahan komposit ukuran dari bahan penguat menentukan kemampuan bahan komposit menahan gaya dari luar. Dimana semakin panjang ukuran serat maka semakin kuat bahan menahan beban dari luar, begitu juga dengan sebaliknya. Bahan komposit partikel pada umumnya lemah dan *fracture-toughness*-nya lebih rendah dibandingkan dengan serat panjang, namun disisi lain bahan ini mempunyai keunggulan dalam ketahanan terhadap aus.

Pada bahan komposit keramik (*Ceramic Matrix Composite*), partikel ini umumnya digunakan sebagai pengisi dan penguat, sedangkan keramik digunakan sebagai matrik.

2.2.2. Bahan Komposit Serat

Unsur utama komposit adalah serat yang mempunyai banyak keunggulan, oleh karena itu bahan komposit serat yang paling banyak dipakai. Bahan komposit

serat terdiri dari serat–serta yang terikat oleh matrik yang saling berhubungan. Bahan komposit serat ini terdiri dari dua macam, yaitu serat panjang (*continuous fiber*) dan serat pendek (*short fiber dan whisker*). Dalam laporan ini diambil bahan komposit serat (*fiber composite*). 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.



Gambar 1. Klasifikasi bahan komposit secara umum

Sumber : www.google.co.id

Komposit serat dalam dunia industri mulai dikembangkan dari pada menggunakan bahan partikel. Bahan komposit serat mempunyai keunggulan yang utama yaitu *strong* (kuat), *stiff* (tangguh), dan lebih tahan terhadap panas pada saat didalam matrik (Schwartz, 1984). Dalam pengembangan teknologi pengolahan serat, membuat serat sekarang semakin diunggulkan dibandingkan material-material yang digunakan. Cara yang digunakan untuk mengkombinasi serat berkekuatan tarik tinggi dan bermodulus elastisitas tinggi dengan matrik yang bermassa ringan, berkekuatan tarik rendah, serta bermodulus elastisitas rendah makin banyak dikembangkan guna untuk memperoleh hasil yang maksimal. Komposit pada umumnya menggunakan bahan plastik yang merupakan material yang paling sering digunakan sebagai bahan pengikat seratnya selain itu plastik mudah didapat dan mudah perlakuannya, dari pada bahan dari logam yang membutuhkan bahan sendiri.

1.3 Bagian utama komposit

1.3.1 Reinforcement

Salah satu bagian utama dari komposit adalah *reinforcement* (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit seperti contoh serat. Serat (*fiber*) adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Serat dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu :

- a. Serat Alami
- b. Serat Sintesis (serat buatan manusia)

A. Jenis-jenis serat

Jenis-jenis serat yang banyak tersedia untuk menggunakan komposit dan jumlahnya hampir meningkat. Kekakuan spesifik yang tinggi (kekakuan dibagi oleh berat jenisnya) dan kekuata spesifik yang tinggi (kekuatan dibagi oleh berat jenisnya) serat-serat tersebut yang disebut *Advanced Composit* . pembahasan yang mendalam dari jenis-jenis serat dan cara-cara pembuatannya dapat ditemukan dalam buku Chawla (1987).

1.3.2 Matriks

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matrik mempunyai fungsi sebagai berikut :

- a. Mentransfer tegangan ke serat secara merata.
- b. Melindungi serat dari gesekan mekanik.
- c. Memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
- d. Melindungi dari lingkungan yang merugikan.
- e. Tetap stabil setelah proses manufaktur.

Sifat-sifat matrik (Ellyawan, 2008) :

- a. Sifat mekanis yang baik.
- b. Kekuatan ikatan yang baik.
- c. Ketangguhan yang baik.
- d. Tahan terhadap temperatur.

Menurut Gibson (1994) matrik dalam struktur komposit dapat dibedakan menjadi:

A. Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composites – PMC*)

Bahan ini merupakan bahan komposit yang sering digunakan, biasa disebut polimer berpenguat serat (FRP – *Fibre Reinforced Polymers or Plastics*). Bahan ini menggunakan suatu polimer berbahan resin sebagai matriknya, dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon dan aramid (Kevlar) sebagai penguatannya.

Komposit ini bersifat :

- 1) Biaya pembuatan lebih rendah
- 2) Dapat dibuat dengan produksi massal
- 3) Ketangguhan baik
- 4) Tahan simpan
- 5) Siklus pabrikan dapat dipersingkat
- 6) Kemampuan mengikuti bentuk
- 7) Lebih ringan.

Jenis polimer yang sering digunakan (Sudira, 1985) :

1. *Thermoplastic*

Thermoplastic adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali (*recycle*) dengan menggunakan panas. *Thermoplastic* merupakan polimer yang akan menjadi keras apabila didinginkan. *Thermoplastic* akan meleleh pada suhu tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat balik (reversibel) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. Contoh dari *thermoplastic* yaitu Poliester, Nylon 66, PP, PTFE, PET, Polieter sulfon, PES, dan Polieter eterketon (PEEK).

2. *Thermoset*

Thermoset tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversibel*). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan thermoset melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya yang demikian sering digunakan sebagai tutup ketel, seperti jenis-jenis melamin. Plastik jenis thermoset tidak begitu menarik dalam proses daur ulang karena selain sulit penanganannya juga volumenya jauh lebih sedikit (sekitar 10%) dari volume jenis plastik yang bersifat *thermoplastic*. Contoh dari thermoset yaitu Epoksida, Bismaleimida (BMI), dan Poli-imida (PI).

2.4 Macam-Macam Komposit

Ditinjau dari unsur pokok penyusun komposit, maka komposit dapat dibedakan menjadi beberapa macam, antara lain :

a. Komposit Lapis

Komposit lapis merupakan jenis komposit yang terdiri atas dua lapisan atau lebih yang digabung menjadi satu dimana setiap lapisannya memiliki karakteristik berbeda. Sebagai contoh adalah *Polywood Laminated Glass* yang merupakan komposit yang terdiri dari lapisan serat dan lapisan matriks, komposit ini sering digunakan sebagai bangunan.

b. Komposit Serpihan

Suatu komposit serpihan terdiri atas serpih-serpih yang saling menahan dengan mengikat permukaan atau dimasukkan ke dalam matriks. Sifat-sifat khusus yang dapat diperoleh adalah bentuknya yang besar dan permukaannya yang datar.

c. Komposit Partikel

Komposit yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu matriks bersama-sama. Contoh komposit partikel yang sering dijumpai adalah beton, dimana butiran-butiran pasir diikat bersama dengan matriks semen.

d. Komposit Serat

Komposit serat yaitu komposit yang terdiri dari serat dan matriks. Komposit jenis ini hanya terdiri dari satu lapisan. Serat yang digunakan dapat berupa serat sintesis (asbes, kaca, boron) atau serat organik (selulosa, polipropilena, polietilena bermodulus tinggi, sabut kelapa, ijuk, tandan kosong sawit, dll). Berdasarkan ukuran seratnya, komposit serat dapat dibedakan menjadi komposit berserat panjang dan diameternya sebesar <math><100\text{mm}</math> serat pendek ini dapat diorientasikan atau didistribusikan secara acak. Komposit serat panjang lebih mudah diorientasikan dibanding serat pendek, akan tetapi komposit serat pendek lebih memiliki rancangan design lebih banyak.

2.5. Karakteristik Material Komposit

2.5.1. Sifat – sifat Material Komposit

Dalam pembuatan sebuah material komposit, suatu pengkombinasian optimum dari sifat-sifat bahan penyusunnya untuk mendapatkan sifat-sifat tunggal sangat diharapkan. Beberapa material komposit polymer diperkuat serbuk yang memiliki kombinasi sifat-sifat yang ringan, kaku, kuat dan mempunyai nilai kekerasan yang cukup tinggi. Disamping itu juga sifat dari material komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu material yang digunakan sebagai bentuk

komponen dalam komposit, bentuk geometri dari unsur-unsur pokok dan akibat struktur dari sistem komposit, cara dimana bentuk satu mempengaruhi bentuk lainnya Menurut Agarwal dan Broutman, yaitu menyatakan bahwa bahan komposit mempunyai ciri-ciri yang berbeda dan komposisi untuk menghasilkan suatu bahan yang mempunyai sifat dan ciri tertentu yang berbeda dari sifat dan ciri konstituen asalnya. Disamping itu konstituen asal masih kekal dan dihubungkan melalui suatu antara muka.

Dengan kata lain, bahan komposit adalah bahan yang heterogen yang terdiri dari fasa yang tersebar dan fasa yang berterusan. Fasa tersebar selalu terdiri dari serat atau bahan pengukuh.

2.5.2 Jenis – jenis Material Komposit

a. Material Komposit Serat

Material komposit serat yaitu komposit yang terdiri dari serat dan bahan dasar yang diproduksi secara fabrikasi, misalnya serat + resin sebagai bahan perekat, sebagai contoh adalah FRP (*Fiber Reinforce Plastic*) plastik diperkuat dengan serat dan banyak digunakan, yang sering disebut fiber glass.

b. Komposit Lapis (*Laminated Composite*)

Komposit lapis yaitu komposit yang terdiri dari lapisan dan bahan penguat, contohnya polywood, laminated glass yang seringdigunakan sebagai bahan bangunan dan kelengkapannya.

c. Komposit Partikel (*Particulate Composite*)

Komposit partikel yaitu komposit yang terdiri dari partikel dan bahan penguat seperti butiran (batu dan pasir) yang diperkuat dengan semen yang sering kita jumpai sebagai betin.

2.5.3 Propertis Material Komposit

Kemajuan kini telah mendorong peningkatan dalam permintaan terhadap bahan komposit. Perkembangan bidang *sciences* dan teknologi mulai menyulitkan bahan konvensional seperti logam untuk memenuhi keperluan aplikasi baru. Bidang angkasa lepas, perkapalan, automobile dan industri

pengangkutan merupakan contoh aplikasi yang memerlukan bahan-bahan yang berdensity rendah, tahan karat, kuat, kokoh dan tegar. Dalam kebanyakan bahan konvensional seperti keluli, walaupun kuat ia mempunyai density yang tinggi dan rapuh. Sifat maupun karakteristik dari komposit ditentukan oleh :

a. Material yang menjadi penyusun komposit

Karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun menurut rule of mixture sehingga akan berbanding secara proporsional.

b. Bentuk dan penyusunan struktural dari penyusun

Bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit.

c. Interaksi antar penyusun

Bila terjadi interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit.

2.5.4. 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 mekanikal dan fizikal dan biaya. Seperti yang diuraikan dibawah ini :

a. Sifat-sifat mekanikal dan fizikal

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 keluli.

b. 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, pemrosesan, tenaga manusia, dan sebagainya.

2.6 Contoh-contoh komposit berbahan fiber

a. *Glass-reinforced Cement (GRC)*

campuran semen dan fiberglass ditambah beberapa material pendukung lainnya. Material GRC banyak kita temui pada produk ornamen dan dekoratif pada bangunan arsitektur. Material ini bisa disebut lumayan fleksibel untuk menciptakan bentuk yang kompleks dan rumit pada bidang arsitektural, misalnya GRC krawangan, GRC ornamen dll.

b. *Steel-fiber-reinforced Concrete (SRC)*

Adalah composit dengan bahan dasar, fiberglass, besi (baik serbuk atau batangan) dan semen serta beberapa bahan pendukung lainnya. Keunggulan SRC terletak pada strength/kuatannya yang melebihi GRC, karena didalamnya terdapat struktur penahan berbahan besi. Pembuatan SRC lebih rumit dibanding GRC, meskipun SRC masih mempunyai sisi fleksibilitas pada bentuk, dimensi dan ketebalannya. Hal ini dikarenakan pekerjaan pembesian sangat menyita waktu produksi lebih dibanding pengerjaan GRC.

c. *Glass-reinforced Gypsum (GRG)*

Sebenarnya GRG sudah sangat familier di dunia arsitektural. Produk composit ini sudah beredar luas hampir di seluruh toko bangunan. GRG biasanya di gunakan sebagai plafon rumah atau bangunan lain. Hal ini dikarenakan produk yang berbahan dasar gypsum (casting) dan fiberglass ini sangat ringan, sehingga sangat cocok untuk plafon. Kelemahan produk ini adalah tidak punya ketahanan terhadap perubahan cuaca. Beberapa kalangan salah menyebut nama GRG menjadi GRC, padahal dari segi bahan baku penyusunnya sudah beda sama sekali.

d. *Glass-fiber-reinforced Polyester Resin (GRP)*

Komposit ini sering digunakan untuk produk yang membutuhkan ketebalan minim (tipis) namun masih sangat kuat jika di cetak dalam bentuk lembaran besar. Beberapa contoh produknya antara lain, Body kapal, tangki tandon air, body modifikasi pada motor dan mobil, dll.

e. *Fiber-reinforced Polymer (FRP)*

Hampir sama dengan GRP, hanya saja material utamanya terdiri dari fiberglass dan cairan polymer yang lebih fleksibel.

2.7 Standar Mutu Hasil Komposit Serat Tandan Kelapa Sawit

Kegunaan Produk Komposit dari Serat Tandan Sawit Sebagai Material Rem Untuk Aplikasi Kereta Api. Kriteria-kriteria yang dipersyaratkan spesifikasi teknik rem dari komposit PT, KAI.

Tabel 2.1. Spesifikasi teknik rem komposit PT.KAI

No	Sifat Fisik & Mekanik	Spesifikasi Teknik PT. KAI
1	Berat jenis, gr/cm ³	1.8 – 2.4
2	Koefisien gesek	0.14 – 0.22
3	Hardness, HRR	70 – 105
4	Crush strength, N/cm ²	Min. 2500
5	Cross breaking strength, N/cm ²	2400 – 4000
6	Shear strength, N/cm ²	1500 – 3500
7	Modulus of elasticity, N/cm ²	24000 – 150000
8	Thermal conductivity, W/m.K	Min. 0.8
9	Ketahanan panas operasional	tidak meleleh dan tidak terbakar untuk pemakaian kontinyu
	a. 250°C	boleh terbakar namun tidak menimbulkan nyala api
	b. 500°C	

Tabel 2.2 Spesifikasi komposit berdasarkan JIS 5908 1994 da JIS 5905 1994

Parameter	Standar	
	JIS A 5908 1994	JIS A 5905 1994
Kerapatan (g/cm ³)	0.4-0.9	0.35-0.9
Kadar Air (%)	5 - 13	5 - 13
Daya Serap Air 2 jam (%)	-	-
Daya Serap Air 24 jam (%)	-	-
Pengembangan Tebal 2 jam (%)	< 12	-
Pengembangan Tebal 24 jam (%)	<12	-

Keterangan: * Memenuhi persyaratan standar

2.8 Kelapa Sawit



Gambar 2.2 Batang Kelapa Sawit



Gambar 2.3 Tandan Kelapa Sawit

(Sumber : www.google.com)

Kelapa sawit merupakan tumbuhan industri yang minyak dari buahnya dapat dimanfaatkan sebagai minyak masak, minyak industri, maupun bahan bakar. Klasifikasi tumbuhan kelapa sawit adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Subkingdom	: Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Liliopsida (berkeping satu / monokotil)
Sub Kelas	: Arecidae
Ordo	: Arecales
Famili	: Arecaceae (suku pinang-pinangan)
Genus	: Elaeis
Spesies	: Elaeis guineensis Jacq.

Indonesia merupakan salah satu produsen kelapa sawit terbesar di dunia dengan luas dan jumlah produksi yang meningkat selama 10 tahun terakhir dimana pada tahun 2010 luas seluruh perkebunan kelapa sawit yang ada berkisar 7.824.623 hektar dan produksi minyak kelapa sawit sebanyak 19.844.901 ton (“Luas Areal dan Produksi Perkebunan Seluruh Indonesia Pengusahaan, 2010”).

2.8.1 Limbah Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia

Limbah adalah kotoran atau buangan yang merupakan komponen pencemaran yang terdiri dari zat atau bahan yang tidak mempunyai kegunaan lagi bagi masyarakat. Limbah industri dapat digolongkan kedalam tiga golongan yaitu limbah cair, limbah padat, dan limbah gas yang dapat mencemari lingkungan. Jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh PMKS berkisar antara 600-700 liter/ton tandan buah segar (TBS). Limbah ini merupakan sumber pencemaran yang potensial bagi manusia dan lingkungan, sehingga pabrik dituntut untuk mengolah limbah melalui pendekatan teknologi pengolahan limbah (*end of the pipe*). Diantara upaya tersebut adalah pemanfaatan limbah cair PMKS dengan proses digester anaerob untuk memproduksi biogas.

Perkebunan kelapa sawit menghasilkan beberapa limbah yang sampai saat ini pemanfaatannya belum signifikan. Limbah-limbah tersebut diantaranya adalah pelepah, tandan kosong kelapa sawit, batang, dan cangkang buah kelapa sawit. Menurut Subyakto anggota UPTBPP Biomaterial LIPI dalam harian kompas Jum'at, 18 Februari 2011 setiap tahunnya diperoleh 79 juta ton, 36,3 juta ton tandan kosong, 28,86 juta ton batang, dan 11,06 juta ton cangkang biji limbah kelapa sawit. Jumlah tersebut sangat berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi produk dengan nilai jual lebih tinggi dibanding limbah.

Salah satu limbah hasil perkebunan kelapa sawit adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Tandan adalah tempat buah kelapa sawit menempel, Setelah buah kelapa sawit dipisahkan untuk kemudian diolah maka dihasilkan limbah berupa TKKS. Limbah berupa tandan kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan komposit serat karena tandan kelapa sawit banyak mengandung komponen kimia kayu seperti lignin (24%), selulosa (44,14%), dan hemiselulosa (19,28%) (Trisyulianti, 1996). Komponen kimia kayu seperti selulosa dapat digunakan sebagai sumber serat alami dalam pembentukan bahan komposit serat. Bagian dari tandan yang banyak mengandung serat atau selulosa adalah bagian pangkal dan ujungnya yang runcing dan keras. Secara umum sifat fisik dan morfologi serat tandan kosong kelapa sawit diperlihatkan pada tabel 3.

Tabel 2.3. Sifat fisik dan morfologi serat tandan kosong kelapa sawit

Parameter	Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	
	Bagian Pangkal	Bagian ujung
Panjang Serat (mm)	1,20	0,76
Diameter Serat (μm)	15,00	114,34
Tebal dinding (μm)	3,49	3,68
Kadar serat (%)	72,67	62,47
Kadar non serat (%)	27,33	37,53

(Darnoko, dkk, 1995)

Sementara komposisi dan sifat kimia dari serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) diperlihatkan pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Komposisi dan sifat kimia dari serat tandan kosong kelapa sawit

Komponen Kimia	Komposisi (%)
Lignin	22,23
Ekstraktif	6,37
Pentosan	26,69
α - selulosa	37,76
Holoseululosa	68,88
Abu	6,59
Kelarutan dalam:	
1% Na OH	29,96
Air dingin	13,89
Air panas	16,17

(Darnoko, dkk, 1995)

2.8.2 Serat Tandan Kelapa Sawit Sebagai Komponen Komposit

Sampai saat ini pemanfaatan tandan kelapa sawit masih sebatas pembuatan kompos dan bahan interior dengan cara memisahkan serat-serat tandan kelapa sawit. Meskipun demikian beberapa peneliti sudah mulai menyadari bahwa bentuk serat dan kadungan serat tandan kelapa sawit yaitu selulosa dan hemiselulosa, dapat dimanfaatkan sebagai komponen komposit. Penelitian-penelitian tersebut membuktikan bahwa serat tandan kelapa sawit dibentuk komposit dengan cara memadukannya dengan matriks termoset (Bagus, 2011) dan matriks termoplast (Trisyulianti, 1996).

Selulosa dan hemiselulosa dalam tubuh tumbuhan umumnya terbungkus secara fisik oleh lignin dan pectin. Pemisahan lignin dan pectin dari selulosa dapat dilakukan didasari oleh perbedaan kelarutan antara keduanya. Proses yang sering dilakukan untuk memisahkan lignin dan pectin dari selulosa adalah pulping atau *chemical retting*. Pulping merupakan proses pelarutan lignin (delignifikasi) melalui pemasakan bahan dengan larutan pemasak tertentu sedangkan *chemical retting* adalah teknik untuk mendapatkan serat selulosa dari komponen tumbuhan dengan bantuan bahan kimia. Pulping dan *Chemical retting* pada umumnya melibatkan pemanasan sampai suhu 100°C dalam larutan pemasak tertentu seperti NaOH, KOH, atau asam sulfat cair dimana akan terjadi pemutusan ikatan lignin karbohidrat sehingga lignin yang lepas akan larut dalam larutan pemasak (Heradewi, 2007).

Terdapat beberapa jenis proses *pulping*, diantaranya proses soda, asam, kraft, dan bertekanan. Proses soda melibatkan pemasakan dengan larutan NaOH dalam berbagai konsentrasi. Pada penelitian ini digunakan proses pemasakan soda karena dikenal sederhana dan cukup efektif untuk melarutkan lignin pada bahan. Pemasakan tandan kelapa sawit dengan larutan NaOH 10% berat pada suhu 100 °C selama 1 jam dapat melarutkan sebagian besar lignin yang terdapat pada komponen tumbuhan sehingga serat dapat dengan mudah dipisahkan (Anggraini & Roliadi, 2011).

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah padat yang dihasilkan pabrik / industri pengolahan minyak kelapasawit. Di pabrik minyak kelapa sawit, TKKS hanya dibakar dan sekarang dilarang karena adanya kekhawatiran pencemaran lingkungan. Hasil sisa olahan limbah pabrik kelapa sawit berbentuk padatan dan umumnya berbentuk tandan kosong, cangkang dan serat buah. Tandan kosong kelapa sawit memiliki banyak kandungan serat atau selulosa, terdapat pada bagian pangkal atau bagian ujung yang runcing dan keras. Adapun komposisi kimia tandan kosong kelapa sawit terdiri atas lignin 22.23%, selulosa 37,76%, holoselulosa 68.88%, dan abu 6.59%. Klasifikasi dan Morfologi tanaman kelapa sawit perlu diketahui agar kita dapat menentukan perlakuan-perlakuan yang tepat untuk pemeliharaan kelapa sawit baik di TBM maupun di TM. Berikut kami jelaskan tentang klasifikasi dan morfologinya tersebut.

2.8.3 Aplikasi Komposit Dari Serat Tandan Sawit

Perserikatan Bangsa Bangsa (PBS) melalui salah satu organisasinya Food and Agricultural Organisation (FAO) mencanangkan tahun 2009 sebagai tahun serat alam dunia, International Year of Vatura!Fibers (YNF) . Sejalan dengan itu, maka serat alam dimanfaatkan untuk menciptakan bahan komposit "hijau" yang lebih ramah lingkungan, ringan dan kuat serat alam mempunyai potensi untuk digunakan sebagai substitusi penguat bahan komposit pada industri komposit plastik untuk komponen otomotif pada sepeda motor yang selama ini banyak memakai polimer sintesis seperti plastik, *fiber glass* dan karbon yang sulit didegradasi dan didaur ulang. Tandan kosong kelapa sawit yaitu limbah dari industri *Crude Palm Oil* (CPO) merupakan sumber serat alam yang cukup melimpah dan belum optimal pemanfaatannya. Serat yang dibuat berukuran mikro kemudian dikombinasikan dengan polimer akan menghasilkan produk komposit yang mempunyai kekuatan tinggi dan ringan. Perubahan bentuk dan ukuran serat alam menjadi *microfibril cellulose* (MFC) mampu menghasilkan kekuatan yang tinggi mencapai 70 Gpa untuk *modulus of elasticity* dan 700 MPa untuk *tensile strength* yang bisa melebihi kekuatan *magnesium alloy*.

2.9 Polypropylene (PP)

Polipropilena atau polipropena (PP) adalah sebuah [polimer](#) termo-plastik yang dibuat oleh [industri kimia](#) dan digunakan dalam berbagai aplikasi, diantaranya pengemasan, [tekstil](#) (contohnya tali, pakaian dalam termal, dan karpet), alat tulis, berbagai tipe wadah terpakaikan ulang serta bagian plastik, perlengkapan laboratorium, [pengeras suara](#), komponen otomotif, dan uang kertas polimer. Polimer adisi yang terbuat dari propilena monomer, permukaannya tidak rata serta memiliki sifat resistan yang tidak biasa terhadap kebanyakan pelarut kimia, basa dan asam. Polipropena biasanya didaur-ulang, dan [simbol daur ulangnya](#) adalah nomor 5. Pengolahan lelehnya polipropilena bisa dicapai melalui ekstrusi dan [pencetakan](#). Metode ekstrusi (peleleran) yang umum menyertakan produksi serat pintal ikat (spun bond) dan tiup (hembus) leleh untuk membentuk gulungan yang panjang untuk nantinya diubah menjadi berbagai macam produk yang berguna seperti masker muka, penyaring, popok dan lap. Teknik pembentukan yang paling umum adalah pencetakan suntik, yang digunakan untuk berbagai bagian seperti cangkir, alat pemotong, botol kecil, topi, wadah, perabotan, dan suku cadang otomotif seperti baterai. Teknik pencetakan tiup dan *injection-stretch blow molding* juga digunakan, yang melibatkan ekstrusi dan pencetakan. Ada banyak penerapan penggunaan akhir untuk PP karena dalam proses pembuatannya bisa di-*tailor grade* dengan aditif serta sifat molekul yang spesifik. Sebagai misal, berbagai aditif antistatik bisa ditambahkan untuk memperkuat resistensi permukaan PP terhadap debu dan pasir. Kebanyakan teknik penyelesaian fisik, seperti pemesinan, bisa pula digunakan pada PP. Perawatan permukaan bisa diterapkan ke berbagai bagian PP untuk meningkatkan adhesi (rekatan) cat dan tinta cetak.

2.9.1 Degradasi

Polipropilena dapat mengalami degradasi rantai saat terkena radiasi [ultraungu](#) dari [sinar matahari](#). Jadi untuk penggunaan propilena di luar ruangan, bahan aditif yang menyerap ultraungu harus digunakan. Jelaga (celak)

juga menyediakan perlindungan dari serangan UV. Polimer bisa dioksidasi pada suhu yang tinggi, merupakan permasalahan yang umum dalam operasi pencetakan. [Antioksidan](#) normalnya ditambahkan untuk mencegah degradasi atau oksidasi polimer. Biosida amonium kuartener serta oleamida yang bocor dari plastik polipropilena ditemukan memengaruhi hasil eksperimen. Karena polipropilena digunakan sebagai wadah penyimpanan makanan seperti [yoghurt](#), permasalahan ini sedang dipelajari.

2.9.2 Sifat Kimia dan Fisik Polipropilena

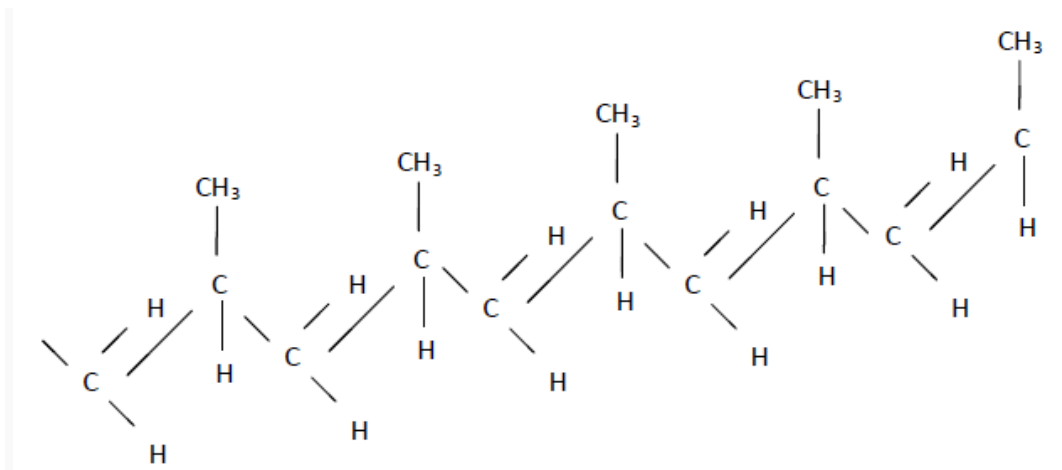
Kebanyakan polipropilena komersial merupakan isotaktik dan memiliki [kristalinitas](#) tingkat menengah di antara polietilena berdensitas rendah dengan polietilena berdensitas tinggi; modulus Youngnya juga menengah. Melalui penggabungan partikel karet, PP bisa dibuat menjadi liat serta fleksibel, bahkan di suhu yang rendah. Hal ini membolehkan polipropilena digunakan sebagai pengganti berbagai plastik teknik, seperti [ABS](#). Polipropilena memiliki permukaan yang tak rata, seringkali lebih kaku daripada beberapa plastik yang lain, lumayan ekonomis, dan bisa dibuat translusen (bening) saat tak berwarna tapi tidak setransparan [polistirena](#), [akrilik](#) maupun plastik tertentu lainnya. Bisa pula dibuat buram dan/atau berwarna-warni melalui penggunaan pigmen, Polipropilena memiliki resistensi yang sangat bagus terhadap kelelahan (bahan).

Polipropilena memiliki titik lebur $\sim 160\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($320\text{ }^{\circ}\text{F}$), sebagaimana yang ditentukan Differential Scanning Calorimetry (DSC). MFR (Melt Flow Rate) maupun MFI (Melt Flow Index) merupakan suatu indikasi berat molekulnya PP serta menentukan seberapa mudahnya bahan mentah yang meleleh akan mengalir saat pengolahan berlangsung. MFR PP yang lebih tinggi akan mengisi cetakan plastik dengan lebih mudah selama berlangsungnya proses produksi pencetakan suntik maupun tiup. Tapi ketika arus leleh (melt flow) meningkat, maka beberapa sifat fisik, seperti kuat dampak, akan menurun.

Ada tiga tipe umumnya PP: homopolimer, random copolymer dan impact copolymer atau kopolimer blok. Comonomer yang digunakan adalah [etena](#). Karet etena-propilena yang ditambahkan ke homopolimer PP meningkatkan kuat

dampak suhu rendahnya. Monomer etena berpolimer acak yang ditambahkan ke homopolimer PP menurunkan kristalinitas polimer dan membuat polimer lebih tembus pandang.

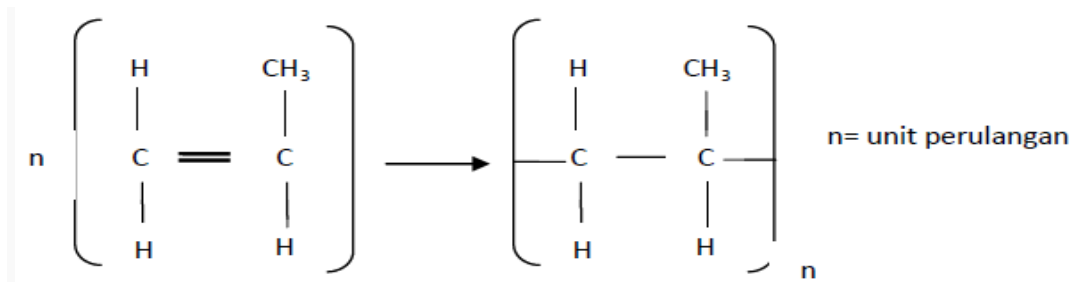
sintesis



Gambar 2.4. Struktur Isotaktik Polipropilena

Sumber : repository.usu.ac.id

Ruas-ruas pendeknya polipropilena, menunjukkan berbagai contoh isotaktik (atas) dan taktisitas sindiotaktik (atas). Konsep yang penting untuk memahami hubungan antara struktur polipropilena dengan sifat-sifatnya adalah taktisitas. Orientasi relatifnya setiap gugus metil (CH₃ dalam gambar sebelah kiri) yang dibandingkan dengan gugus metil di berbagai monomer yang berdekatan punya efek yang kuat pada kemampuan polimer yang sudah jadi untuk membentuk kristal, sebab tiap gugus metil memakan tempat serta membatasi pelenturan/pelentukan tulang punggung (backbone bending). Seperti kebanyakan polimer [vinil](#) yang lain, polipropilena yang berguna tak bisa dihasilkan oleh polimerisasi radikal dikarenakan lebih tingginya reaktivitas hidrogen alilik (yang mengarah ke dimerisasi) selama polimerisasi.



Gambar 2.5. Polimerisasi polipropilena

Sumber : repository.usu.ac.id

Katalis Kaminsky yang terekayasa dengan lebih presisi menawarkan tingkat kendali yang lebih besar. Didasarkan pada molekul metalosena, katalis ini menggunakan gugus organik untuk mengendalikan monomer yang ditambahkan, sehingga pilihan katalis yang lebih tepat mampu menghasilkan polipropilena yang isotaktik, sindiotaktik, atau ataktik, atau bahkan kombinasi dari ketiga sifat tersebut. Selain kontrol kualitatif tadi, katalis Kaminsky membolehkan kontrol kuantitatif yang lebih baik, dengan jauh lebih baiknya rasio taktisitas yang diinginkan daripada teknik Ziegler-Natta sebelumnya. Katalis ini menghasilkan pula distribusi berat molekul yang lebih sempit daripada katalis Ziegler-Natta yang tradisional, yang mampu meningkatkan berbagai sifat lebih jauh lagi. Untuk menghasilkan polipropilena yang elastis, katalis yang menghasilkan polipropilena isotaktik bisa dibuat, tapi dengan gugus organik yang memengaruhi taktisitas yang ditahan di tempat oleh sebuah ikatan yang relatif lemah. Setelah katalis menghasilkan polimer pendek yang mampu berkristalisasi, cahaya dengan frekuensi yang tepat digunakan untuk memecahkan ikatan yang lemah ini, serta menghilangkan selektivitas katalis sehingga panjang rantai yang tersisa adalah ataktik. Hasilnya adalah bahan yang pada umumnya amorf dengan kristal-kristal kecil tersisip di dalamnya. Karena salah satu ujung dari tiap rantai berada di dalam sebuah kristal sedang sebagian besar panjangnya berada dalam bentuk amorf dan lunak, maka wilayah kristalin punya kegunaan yang sama dengan vulkanisasi.

2.10 Hemiselulosa, Lignin dan Selulosa

a. 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 (Suparjo *et al.*, 2008b). 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.

b. Lignin

Lignin merupakan salah satu komponen kimia penyusun kayu selain dari selulosa, hemiselulosa dan ekstraktif. Lignin adalah gabungan beberapa senyawa yang hubungannya erat satu sama lain, mengandung karbon, hidrogen dan oksigen, namun proporsi karbonnya lebih tinggi dibanding senyawa karbohidrat. Sifat kimia lignin yang penting untuk diketahui diantaranya adalah kadar lignin dan reaktifitasnya. Metode Klason merupakan prosedur umum yang digunakan dalam penentuan kadar lignin. Prosedur ini memisahkan lignin sebagai material yang tidak larut dengan depolimerisasi selulosa dan hemiselulosa dalam asam sulfat 72% yang diikuti oleh hidrolisis polisakarida terlarut dalam asam

sulfat 3% yang dipanaskan. Bagian dari lignin yang larut menjadi filtrat disebut lignin terlarut asam.

Lignin terlarut asam merupakan parameter yang dapat menunjukkan tingkat reaktivitas monomer penyusun polimer lignin. Lignin terlarut asam juga sangat penting untuk dianalisis mengingat hubungannya dengan kandungan lignin dan proses pulping. Lignin terlarut asam merupakan bagian dari kandungan total lignin dalam kayu, akan tetapi seringkali diabaikan karena jumlahnya yang relative kecil khususnya pada jenis *softwood*.

Lignin adalah salah satu komponen utama sel tanaman, karena itu lignin juga memiliki dampak langsung terhadap karakteristik tanaman. Misalnya saja, lignin sangat berpengaruh pada proses pembuatan pulp dan kertas. Kebutuhan bahan kimia untuk memasak kayu dihitung berdasarkan kandungan ligninnya. Kandungan lignin pada pakan ternak ruminansia sangat berpengaruh pada kemudahan pakan itu untuk dicerna. Pakan yang rendah kandungan ligninnya mudah dicerna oleh binatang. Tapi, kalau pakan yang diberikan terlalu banyak kandungan ligninnya, ternak bisa ‘mencret’.

Di alam keberadaan lignin pada kayu berkisar antara 25-30%, tergantung pada jenis kayu atau faktor lain yang mempengaruhi perkembangan kayu. Pada kayu, lignin umumnya terdapat di daerah lamela tengah dan berfungsi pengikat antar sel serta menguatkan dinding sel kayu. Kulit kayu, biji, bagian serabut kasar, batang dan daun mengandung lignin yang berupa substansi kompleks oleh adanya lignin dan polisakarida yang lain. Kadar lignin akan bertambah dengan bertambahnya umur tanaman.

c. Selulosa

Selulosa adalah zat penyusun tanaman yang jumlahnya banyak, sebagai material struktur dinding sel semua tanaman. Selulosa adalah karbohidrat utama yang disintesis oleh tanaman dan menempati hampir 60% komponen penyusun struktur kayu. Selulosa merupakan serat-serat panjang yang bersama-sama hemiselulosa, pektin, dan protein membentuk struktur jaringan yang memperkuat dinding sel tanaman. Jumlah selulosa di alam sangat berlimpah sebagai sisa tanaman atau dalam bentuk sisa pertanian seperti jerami padi, kulit

jagung, gandum, kulit tebu dan lain-lain tumbuhan.

Secara kimia, selulosa merupakan senyawa polisakarida yang terdapat banyak di alam. Bobot molekulnya tinggi, strukturnya teratur berupa polimer yang linear terdiri dari unit ulangan β -D-Glukopiranososa. Karakteristik selulosa antara lain muncul karena adanya struktur kristalin dan amorf serta pembentukan mikro fibril dan fibril yang pada akhirnya menjadi serat selulosa. Sifat selulosa sebagai polimer tercermin dari bobot molekul rata-rata, polidispersitas dan konfigurasi rantainya. Sebagai sumber serat, batang pisang cukup potensial untuk dikembangkan menjadi pulp karena memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi. Selulosa hampir sama dengan amilosa yaitu sama-sama polimer berantai lurus hanya saja berbeda pada jenis ikatan glukosidanya. Selulosa bila dihidrolisis oleh enzim selobiase yang cara kerjanya serupa dengan beta-amilase akan menghasilkan dua molekul glukosa dari ujung rantai sehingga dihasilkan selobiosa beta-1,4 - G-G.

Beberapa molekul [selulosa](#) akan membentuk mikrofibril dengan diameter 2-20 nm dan panjang 100-40000 nm yang sebagian berupa daerah teratur (kristalin) dan diselingi daerah amorf yang kurang teratur. Beberapa mikrofibril membentuk fibril yang akhirnya menjadi serat selulosa. Selulosa memiliki kekuatan tarik yang tinggi dan tidak larut dalam kebanyakan pelarut. Hal ini berkaitan dengan struktur serat dan kuatnya ikatan hidrogen.