

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 KOMPOSIT**

##### **2.1.1 Pengertian Komposit**

Komposit merupakan kombinasi dari dua material atau lebih yang memiliki fasa yang berbeda menjadi suatu material baru yang memiliki properti lebih baik dari keduanya.<sup>[6]</sup> Di dalam komposit terdapat matriks dan bahan penguat (*reinforcing agent*) serta bahan pengisi lainnya. Komponen - komponen tersebut tidak saling melarut, namun saling bergabung sehingga membentuk material yang kompak dengan sifat –sifat tertentu. Jika kombinasi ini terjadi dalam skala makroskopis maka disebut sebagai komposit. Jika kombinasi ini terjadi secara mikroskopis (molekular level) maka disebut sebagai *alloy* atau paduan.<sup>[6]</sup>

Bahan komposit mempunyai keunggulan dibandingkan dengan material monolitik, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Kekuatan material komposit jauh lebih besar dibandingkan material monolitik.
2. Dapat dibuat sangat kuat, kerapatannya rendah (ringan), dibandingkan dengan material *monolith* lainnya.
3. Ketahanan impak dan termalnya yang baik.
4. Kekuatan lelah (*fatigue*) tinggi, lebih baik daripada logam.
5. Ketahanan oksidasi serta korosinya sangat baik.
6. Muaiian termal rendah,
7. Umur lelah tegangan lebih baik daripada kebanyakan logam.
8. Sifat produk dapat diatur terlebih dahulu, disesuaikan terapannya.
9. Daya hantar termal dan listrik dapat diatur.
10. Fabrikasi komponen berukuran besar lebih mudah dan murah dari pada logam biasa.

Pada umumnya sifat-sifat komposit ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Jenis bahan-bahan penyusun.
2. Bentuk geometris dan struktur bahan-bahan penyusun.
3. Rasio perbandingan bahan-bahan penyusun.
4. Daya lekat antar bahan-bahan penyusun.
5. Orientasi bahan pengisi.
6. Proses pembuatan.

### 2.1.2 Klasifikasi Komposit

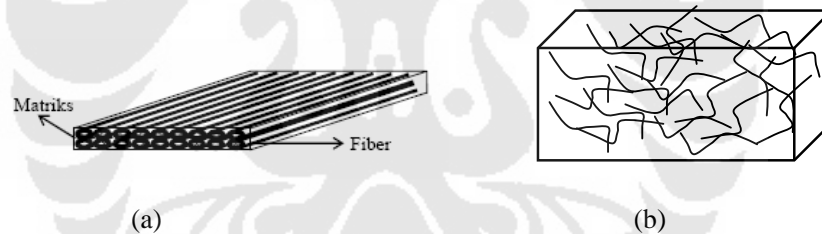
Komposit dapat diklasifikasikan berdasarkan bahan penguatnya (*reinforcing agent*) dan bahan matriknya.<sup>[7]</sup>

#### 2.1.2.1 Klasifikasi berdasarkan bahan penguatnya

- Komposit berpenguat serat

Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan pengisi berupa serat, seperti diilustrasikan pada

**Gambar 2.1.**

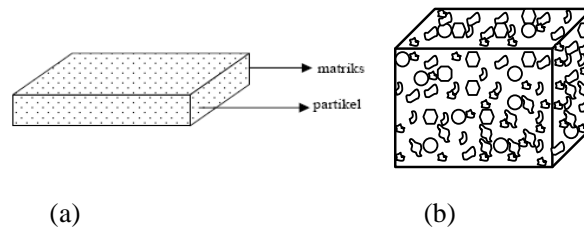


**Gambar 2.1.** Komposit serat (a) Susunan dengan arah tertentu, (b) Susunan acak<sup>[7]</sup>

- Komposit berpenguat partikel

Sifat dari komposit dengan bahan pengisi partikel adalah seragam (isotropik) dalam arah manapun karena distribusi partikel dalam matrik acak dan merata. Komposit berpenguat partikel dapat dilihat pada

**Gambar 2.2**



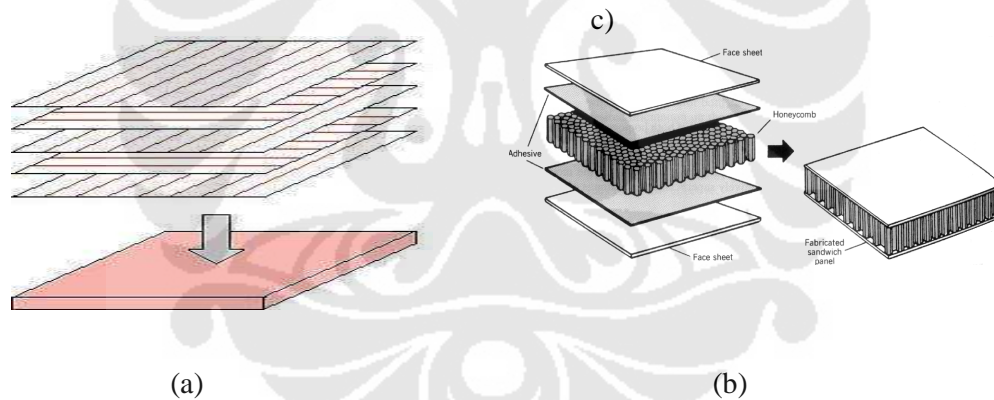
**Gambar 2.2.** Komposit partikel (a) Serbuk, (b) Serpihan<sup>[7]</sup>.

- **Struktural komposit**

Sifat struktural komposit tergantung dari material konstituen dan disain geometri dari setiap elemen penyusunnya. Struktural komposit terdiri dari dua jenis, yaitu :

- a) *laminar composites*
- b) *sandwich panels*

Jenis-jenis struktural komposit dapat dilihat pada **Gambar 2.3.**

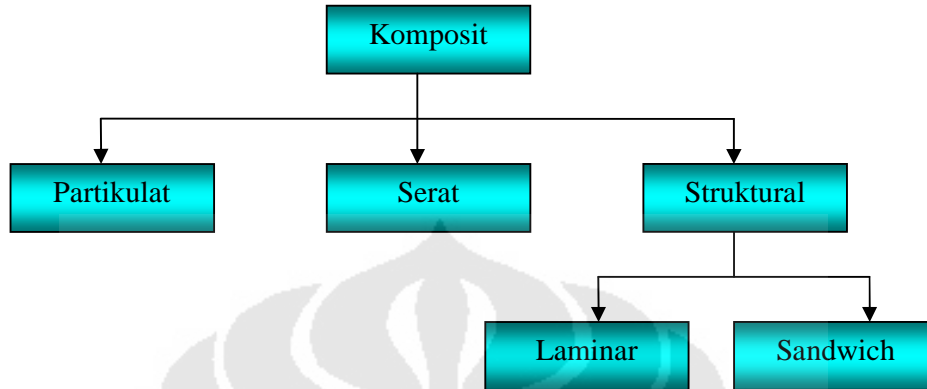


**Gambar 2.3.** (a) laminar composites , (b) sandwich panels<sup>[7]</sup>

### 2.1.2.2 Klasifikasi berdasarkan bahan matriknya

- *Metal Matrix Composites (MMCs)*  
*Metal Matrix Composites* atau komposit dengan matrik logam sebagai bahan utama yang diperkuat dengan bahan penguat.
- *Ceramic Matrix Composites (CMCs)*  
*Ceramic Matrix Composites* atau komposit dengan matrik keramik sebagai bahan utama yang diisi dengan bahan penguat.
- *Polymer Matrix Composites (PMCs)*

*Polymer Matrix Composites* atau komposit dengan matrik polimer sebagai bahan utama, di mana bahan pendukung ditanamkan ke dalamnya.



Gambar 2.4. Klasifikasi komposit<sup>[7]</sup>

### 2.1.3 Hukum Campuran Bahan Komposit

Sifat-sifat skalar berlaku untuk prinsip-prinsip campuran dalam komposit, seperti massa, volume, dan massa jenis.<sup>[8]</sup> Persamaan untuk campuran massa dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$m_c = m_m + m_f \quad (2.1)$$

atau

$$(\rho_c \cdot V_c) = (\rho_m \cdot V_m) + (\rho_f \cdot V_f) \quad (2.2)$$

Sehingga didapatkan massa jenis dari komposit:

$$\rho_c = \left( \rho_m \cdot \frac{V_m}{V_c} \right) + \left( \rho_f \cdot \frac{V_f}{V_c} \right) \quad (2.3)$$

$$\rho_c = (\rho_m \cdot v_m) + (\rho_f \cdot v_f) \quad (2.4)$$

Dengan fraksi volume matrik dan fraksi volume pengisi adalah:

$$v_m = \frac{V_m}{V_c} \quad (2.5)$$

$$v_f = \frac{V_f}{V_c} \quad (2.6)$$

Dengan melihat persamaan (2.1) maka:

$$v_c = v_m + v_f \quad (2.7)$$

$$1 = v_m + v_f \quad (2.8)$$

dimana :

$m_c$  = massa komposit

$m_m$  = massa matrik

$m_f$  = massa *filler* (pengisi)

$\rho_c$  = massa jenis komposit

$V_m$  = volume matrik

$V_f$  = volume *filler* (pengisi)

$V_c$  = volume komposit

$v_m$  = volume fraksi matrik

$v_f$  = volume fraksi *filler* (pengisi)

$v_c$  = volume fraksi komposit

## 2.2 MATRIK

Matrik berfungsi sebagai pengikat bahan pengisi dengan tidak terjadi ikatan secara kimia. Bahan matrik meneruskan tegangan kepada partikel pengisi sehingga ketahanan bahan komposit bertambah. Matrik juga berfungsi untuk melindungi permukaan serat dari abrasi. Bahan matrik dapat berupa logam, keramik, polimer dan lain-lain. Untuk menghasilkan komposit dengan performa yang baik, bahan matrik harus memiliki sifat mekanik yang baik, yaitu :

- a) Modulus *tensile* yang tinggi
- b) Kekutan tarik yang tinggi
- c) Ketangguhan yang tinggi

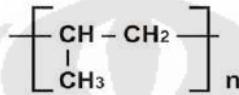
Pada penelitian ini bahan matrik yang digunakan adalah polimer termoplastik dengan jenis polipropilena.

### 2.2.1 Polipropilena

#### 2.2.1.1 Pengertian Polipropilena

Polipropilena (PP) adalah suatu jenis polimer alifatik jenuh (rantai lurus, tanpa ada ikatan rangkap pada atom karbon) dari golongan poliolefin (berasal dari gas hasil *cracking* minyak bumi).

Secara bahasa, polipropilena berasal dari kata “poli” yang berarti banyak dan “propilena” yang merupakan senyawa hidrokarbon yang memiliki rumus kimia C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>. Senyawa ini memiliki ikatan rangkap dua antara atom karbon pertama dan kedua sehingga masuk golongan alkena. Keberadaan ikatan rangkap inilah yang menyebabkan polipropilena dapat terbentuk. Sehingga polipropilena dapat diartikan sebagai suatu molekul besar dengan banyak unit berulang yang mana setiap unitnya identik dengan propilena. Struktur molekul polipropilena dapat dilihat pada **Gambar 2.5**.



**Gambar 2.5.** Struktur Molekul Polipropilena<sup>[9]</sup>

#### 2.2.1.2 Sifat-sifat Polipropilena

Polipropilena merupakan suatu polimer termoplastik, artinya suatu polimer yang dapat melunak jika mengalami pemanasan, dapat mengalir jika diberi tekanan dan akan kembali ke sifat padatan jika didinginkan.

Polipropilena merupakan salah satu plastik yang ringan dengan berat jenis sebesar 0.905 g/cm<sup>3</sup>. Polipropilena merupakan material non polar sehingga ketahanannya terhadap absorpsi air sangat baik. Polipropilena mempunyai konstanta dielektrik yang rendah sehingga merupakan insulator yang baik. Polipropilena juga memiliki ketahanan kimia yang baik dan ketahanan terhadap fatik, termasuk keretakan tegangan akibat lingkungan. Polipropilena memiliki kejernihan *translucent* (pertengahan antara tembus pandang dan berkabut).

Polipropilena merupakan polimer semi-kristalin, dimana terdiri dari dua bagian, yaitu fasa kristalin dan fasa amorf. Fasa kristalin adalah bagian di mana rantai-rantai molekul Polipropilena tersusun secara teratur, sedangkan fasa amorf adalah bagian di mana rantai-rantai molekul tersusun secara acak dan tidak beraturan. Fasa kristalin merupakan fasa dengan berat jenis lebih berat dibandingkan dengan fasa amorf. Fasa kristalin memberikan kekuatan, kekakuan, dan kekerasan pada Polipropilena, namun di sisi lain fasa kristalin juga menyebabkan Polipropilena menjadi lebih getas sehingga mengurangi

ketangguhan dan mudah pecah terutama pada temperatur rendah. Oleh karena itu, agar tidak mudah pecah, maka pada penggunaan komersial umumnya PP memiliki derajat kristalinitas 95 - 98 %, artinya terdiri dari 95 - 98 % fasa kristalin dan 2 - 5 % fasa amorf.

Sebagai polimer semi-kristalin, PP memiliki dua temperatur transisi, yaitu temperatur transisi glass ( $T_g$ ) dan temperatur leleh ( $T_m$ ). Temperatur transisi glass adalah temperatur di mana terjadi perubahan fasa dari fasa *glassy* atau rigid (kaku) menjadi fasa *rubbery* (kekaretan, lentur), sedangkan temperatur leleh adalah temperatur di mana PP mulai meleleh menjadi lelehan kental. Berikut adalah tabel sifat – sifat polipropilena yang dijual secara komersial.

**Tabel 2.1** Sifat Mekanik Polipropilena<sup>[10]</sup>

SIFAT MEKANIK	ASTM	UNIT	NILAI
<i>Specific Gravity</i>	D792	g/cm <sup>3</sup>	0.905
<i>Elongation</i>	D638	%	10~20
<i>Tensile Strength</i>	D638	psi	4,800
<i>Flexural Strength</i>	D790	psi	5,400
<i>Compressive Strength</i>	D695		6,000
<i>Tensile Elastic Modulus</i> ( <i>Young's Modulus</i> )	D638	(10~5)psi	1.6
<i>Flexural Modulus</i>	D790	(10~5)psi	1.7~2.5
<i>Hardness Durometer</i>	D785	Rockwell R	80~110
<i>Impact Strength IZOD</i> 73°F/23°C	D256	notched ft/lbs/in	0.5~2.2

**Tabel 2.2** Sifat Termal Poli propilena<sup>[10]</sup>

SIFAT THERMAL	UNIT	NILAI
<i>Melting Point</i>	°C (°F)	121 (250)
<i>Upper Service Temperature(20,000h)</i>	°C (°F)	104 (220)
<i>Flame Rating</i>	UL94	n.r.
<i>Thermal Conductivity</i>	10~4 cal/sec/cm <sup>2</sup> , °C/cm	2.8

### 2.2.1.3 Klasifikasi Polipropilena

Polipropilena dapat diklasifikasikan berdasarkan monomer penyusunnya dan berdasarkan taktisitas.<sup>[11]</sup>

Klasifikasi berdasarkan monomer penyusunnya, PP dibedakan menjadi :

1. Homopolimer (*homopolymer*)

Polimer ini hanya terdiri dari satu macam monomer yaitu propilena. Homopolimer polipropilena terdiri dari dua fasa yaitu kristalin dan nonkristalin . Pada fasa nonkristalin atau amorf terdiri dari struktur isotaktik dan struktur ataktik.

2. Kopolimer acak (*random copolymer*)

Pada saat pembuatan polipropilena, 1-7% berat monomer etilena ditambahkan ke dalam monomer propilena secara simultan ke dalam reaktor. Penambahan molekul etilena ini mengakibatkan berkurangnya kristalinitas polipropilena dengan butiran sperulit yang lebih kecil dan lebih jernih. Penambahan etilena juga dapat memperbaiki kekuatan impak, meningkatkan *clarity*, menurunkan *haze*, menurunkan titik lebur serta menambah fleksibilitas dari polimer polipropilena. <sup>[10]</sup> Komonomer pada polipropilena yang paling banyak dijumpai adalah etilena.

3. *Impact Copolymers*

Polimer ini diproduksi dalam dua reaktor dimana reaktor pertama untuk pembentukan homopolimer dan diikuti reaktor kedua untuk pembuatan propilena-etilena *rubbery*. Kopolimer impak ini bersifat insulator, tidak



tembus cahaya, memiliki kekakuan yang tinggi, memiliki ketahanan impak yang cukup baik pada temperatur rendah (-20°C).

Urutan monomer pada polipropilena berdasarkan posisi komonomer etilena pada rantai polimer dapat dilihat pada **Tabel 2.3**

**Tabel 2.3** Susunan Monomer Pada Jenis-Jenis PP<sup>[12]</sup>

Jenis Polipropilena	Susunan monomer pada rantai molekul
PP- homopolymer	—PPPPPPPPPPPPPPPPPPPPPP—
PP-random-copolymer	—PPEPPPEPPPPEPPEPPPPPEPP—
PP-random-copolymer	—PPP-PEEEP-PP-PEEEP-PPP-PEEEP-PP—

Keterangan: P = propilena, E = etilena

Sifat fisik polipropilena homopolimer dan polipropilena kopolimer dapat dilihat pada **Tabel 2.4**

**Tabel 2.4** Sifat Fisik Polipropilena Homopolimer dan Kopolimer<sup>[12]</sup>

ASTM	Sifat	Homopolimer	Kopolimer
D792	Densitas (lb/in <sup>3</sup> )	0.033	0.033
	(g/cm <sup>3</sup> )	0.905	0.897
D570	Daya serap air, 24 jam (%)	<0.01	0.01

Sifat mekanik polipropilena homopolimer dan polipropilena kopolimer dapat dilihat pada **Tabel 2.5**

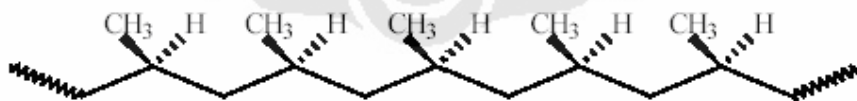
**Tabel 2.5** Sifat Mekanik Homopolimer dan Kopolimer<sup>[12]</sup>

ASTM	Sifat	Homopolimer	Kopolimer
D638	<i>Tensile Strength</i> (psi)	4,800	4,800
D638	<i>Tensile Modulus</i> (psi)	195,000	-
D638	<i>Tensile Elongation at Yield</i> (%)	12	23
D790	<i>Flexural Strength</i> (psi)	7,000	5,400
D790	<i>Flexural Modulus</i> (psi)	180,000	160,000
D695	<i>Compressive Strength</i> (psi)	7,000	6,000
D695	<i>Compressive Modulus</i> (psi)	-	-
D785	<i>Hardness, Rockwell R</i>	92	80
D256	<i>IZOD Notched Impact</i> (ft-lb/in)	1.9	7.5

Klasifikasi berdasarkan taktisitas, PP dapat dibedakan menjadi :

Taktisitas adalah letak alkil secara molekular pada sisi rantai utama polimer. Berdasarkan letak gugus alkil (metil) terhadap rantai utama, struktur molekul polipropilena dapat dibedakan menjadi 3 jenis .<sup>[13]</sup>

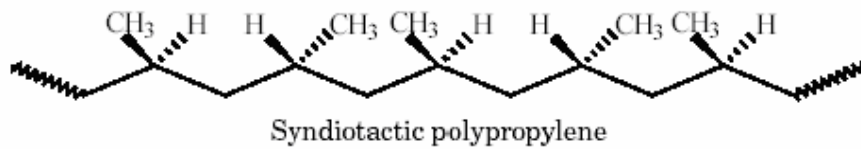
1. Isotaktik : semua gugus metil terletak pada salah satu sisi rantai polimer sehingga polipropilena bersifat kristalin.



Isotactic polypropylene

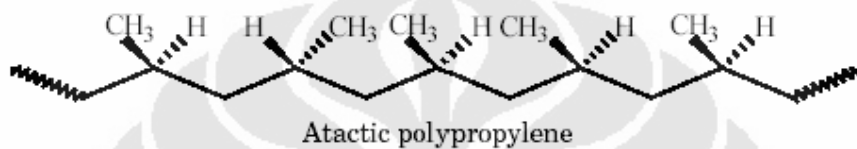
**Gambar 2.6** Struktur molekul isotaktik<sup>[11]</sup>

2. Sindiotaktik : gugus metil terletak berselang-seling pada kedua sisi rantai polimer. Polipropilena jenis ini sulit ditemukan karena proses pembuatannya yang sulit (temperatur operasi -78°C).



**Gambar 2.7.** Struktur molekul sindiotaktik<sup>[11]</sup>

3. Ataktik : gugus metil terletak tak beraturan terhadap sisi rantai polimer sehingga polipropilena ataktik bersifat amorf.



**Gambar 2.8.** Struktur molekul ataktik<sup>[11]</sup>

Polipropilena komersial umumnya terdiri dari 95-98% isotaktik dan selebihnya ataktik. Perbedaan sifat fisik antara polipropilena isotaktik, sindiotaktik, dan ataktik ditunjukkan pada **Tabel 2.6**.

**Tabel 2.6** Perbedaan Sifat Fisik antara Polipropilena Isotaktik, Sindiotaktik, dan Ataktik<sup>[12]</sup>

Sifat fisik	Isotaktik	Sindiotaktik	Ataktik
Densitas, g/cm <sup>3</sup>	0,92 – 0,94	0,89 – 0,91	0,85 - 0,9
Titik leleh, °C	165	135	
Kelarutan dalam hidrokarbon pada 20°C	Tidak larut	Sedang	Tinggi
<i>Yield strength</i>	Tinggi	Sedang	Sangat rendah
Temperatur transisi gelas (Tg), °C	-13 sampai 0		-18 sampai -5

### 2.3 BAHAN PENGISI

Pada umumnya mekanisme penguatan material komposit tergantung pada bentuk, geometri, orientasi, rasio dan ikatan antara matrik dengan bahan pengisi.<sup>[8]</sup> Ikatan antara bahan matrik dengan bahan pengisi sangat penting, karena beban

yang diberikan pada komposit diteruskan ke bahan pengisi. Oleh karena itu modulus elastisitas bahan pengisi harus lebih tinggi daripada modulus elastisitas bahan matriknya karena bahan pengisi memikul beban komposit.

Pada umumnya bentuk bahan pengisi dibedakan menjadi dua macam, yaitu: serat dan partikel. Jenis-jenis bahan pengisi yang sering digunakan di komposit polimer dapat dilihat pada **Tabel 2.7**

Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini berupa serbuk kayu yang berasal dari pohon karet

**Tabel 2.7** Jenis-jenis Bahan Pengisi Yang Sering Digunakan Di Komposit Polimer<sup>[14]</sup>

Particulate		Fibrous	
Organic	Inorganic	Organic	Inorganic
Wood flour	Glass	Cellulose	Whiskers
Cork	Calcium carbonate	Wool	Asbestos
Nutshell	Beryllium oxide	Carbon/graphite	Glass
Starch	Iron oxide	Aramid fiber	Mineral wool
Polymers	Magnesia	Nylons	Calcium sulphate
Carbon	Magnesium carbonate	Polyesters	Potassium titanate
Proteins	Titanium dioxide		Boron
Carbon nanotube	Zinc oxide		Alumina
	Zirconia		Metals
	Hydrated alumina		
	Antimony oxide		
	Metal powder		
	Silica		
	Silicates		
	Organo-nanoclays		
	Clays		
	Barium ferrite		
	Silicon carbide		
	Potassium titanate		

### 2.3.1 Kayu Karet

Karet adalah tanaman perkebunan tahunan berupa pohon batang lurus. Pohon karet pertama kali hanya tumbuh di Brasil, Amerika Selatan, namun setelah percobaan berkali-kali oleh Henry Wickham, pohon ini berhasil dikembangkan di Asia Tenggara, di mana sekarang ini tanaman ini banyak dikembangkan sehingga sampai sekarang Asia merupakan sumber karet alami. Di Indonesia, Malaysia dan Singapura tanaman karet mulai dicoba dibudidayakan pada tahun 1876.

Tanaman karet pertama di Indonesia ditanam di Kebun Raya Bogor. Indonesia pernah menguasai produksi karet dunia, namun saat ini posisi Indonesia

didesak oleh dua negara tetangga Malaysia dan Thailand. Lebih dari setengah karet yang digunakan sekarang ini adalah sintetik, tetapi beberapa juta ton karet alami masih diproduksi setiap tahun, dan masih merupakan bahan penting bagi beberapa industri termasuk otomotif dan militer.

Klasifikasi botani tanaman karet adalah sebagai berikut : <sup>[15]</sup>

Divisi : *Spermatophyta*  
Sub divisi : *Angiospermae*  
Kelas : *Dicotyledonae*  
Keluarga : *Euphorbiaceae*  
Genus : *Hevea*  
Spesies : *Hevea brasiliensis*.

### 2.3.2 Sifat-Sifat Kayu Karet

Salah satu sifat fisik kayu karet yang cukup penting adalah kerapatan atau berat jenis. Kerapatan kayu karet yaitu berkisar antara 0,62–0,65 g/cm. <sup>[15]</sup> Variasi kerapatan kayu karet disebabkan beberapa hal, antara lain perbedaan genetik, tempat tumbuh, dan contoh yang dianalisis Nilai penyusutan (stabilitas dimensi) kayu karet sangat kecil, penyusutan kayu karet dari basah sampai kering udara arah radial dan tangensial jauh lebih kecil, yaitu 1,77–3,05%. <sup>[15]</sup>

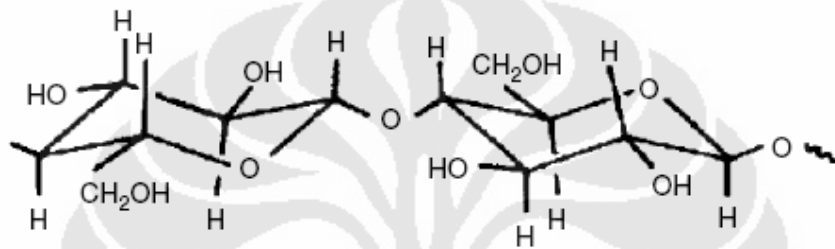
Sifat lain yang menarik dari kayu karet adalah mudah digergaji dengan hasil gergajian yang cukup halus, serta mudah dibubut dengan permukaan yang rata dan halus. Kayu karet mudah pecah bila dipaku sehingga perlu hati-hati dalam pengerjaannya. Selain itu, kayu karet mempunyai sifat perekatan yang baik dengan semua jenis perekat industri (*industrial adhesives*). <sup>[15]</sup>

Sifat kimia kayu karet yang adalah dimensi serat, yang meliputi panjang serat, diameter serat, tebal dinding, dan lebar lumen serat. Baik secara tersendiri maupun kombinasinya. Panjang serat kayu karet cukup baik, sekitar 1,70 mikron, diameter serat kayu karet tergolong kecil yaitu sekitar 24,16 mikron (kurang dari 36 mikron). <sup>[11]</sup> Tebal dinding sel berukuran tipis sampai sedang (3,53–4,68 mikron), sedangkan lebar lumen serat tergolong lebar (0,61 mikron). <sup>[15]</sup>

Sifat-sifat kimia yang juga penting dari kayu karet antara lain adalah kadar holoselulose, lignin, dan ekstraktif. <sup>[15]</sup>

### 2.3.3 Holoselulosa

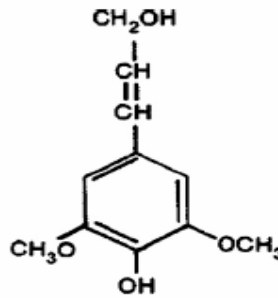
Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Holoselulosa kayu karet tergolong tinggi (67,38%)<sup>[15]</sup>. Holoselulose adalah campuran dari selulosa (40–45%) dan hemiselulosa (15–25%).<sup>[16]</sup> Holoselulosa dibuat dari gula sederhana seperti D-glucose, D-mannose, D-galactose, D-xylose, L-arabinose, D-glucuronic acid, dan lesser L-rhamnose and D-fucose (dalam jumlah sedikit). Polimer-polimer (gula sederhana) tersebut merupakan golongan hidroksil sehingga bersifat higroskopis (menyerap air).<sup>[11]</sup> Berikut adalah gambar struktur molekul selulosa.



**Gambar 2.9.** Struktur molekul selulosa<sup>[17]</sup>

### 2.3.4 Lignin

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar lignin kayu karet tergolong rendah yaitu 20,68%.<sup>[15]</sup> Lignin adalah salah satu komponen penyusun tanaman. Pada batang tanaman, lignin berfungsi sebagai bahan pengikat komponen penyusun lainnya, sehingga suatu pohon bisa berdiri tegak (Seperti semen pada sebuah batang beton). Berbeda dengan selulosa yang terutama terbentuk dari gugus karbohidrat, lignin terbentuk dari gugus aromatik yang saling dihubungkan dengan rantai alifatik, yang terdiri dari 2-3 karbon. Pada proses pirolisa lignin, dihasilkan senyawa kimia aromatis yang berupa fenol, terutama kresol. Berikut adalah gambar struktur molekul lignin.



**Gambar 2.10.** Struktur molekul lignin <sup>[17]</sup>

## 2.4 ADITIF

Plastik aditif merupakan molekul organik yang ditambahkan ke polimer dalam jumlah kecil (umumnya 0.1–5.0 wt%).<sup>[13]</sup>

Penggunaan aditif dalam industri polimer sangat penting. Selain berguna menjaga kondisi plastik itu sendiri, aditif juga dapat mengubah sifat-sifat asli plastik yang ingin diproses lebih lanjut.

Umumnya aditif harus memiliki syarat-syarat sebagai berikut :<sup>[18]</sup>

1. Harus berfungsi efektif dan efisien
2. Harus stabil dalam kondisi proses
3. Tidak beracun dan tidak berasa maupun berbau
4. Murah
5. Tidak menurunkan properti polimer

Secara fisik, aditif dapat berupa padatan, *rubber*, cairan, dan gas. Dalam pengolahan polimer polipropilena, aditif yang biasa ditambahkan adalah antioksidan, penstabil panas, *antislip agent*, penjernih, *nucleating agent*, organik peroksida, *filler*, *Antiblocking*, *slip agents* dan lain-lain. *Carbon black* sering ditambahkan ke polipropilena untuk memberikan ketahanan terhadap sinar ultra violet terutama untuk aplikasi di luar ruangan. *Antiblocking* dan *slip agents* ditambahkan untuk aplikasi polipropilena dalam bentuk film untuk menurunkan friksi dan mencegah pelengketan pada film.

Aditif yang digunakan dalam penelitian ini adalah antioksidant, *acid scavenger* dan *compatibilizer*.

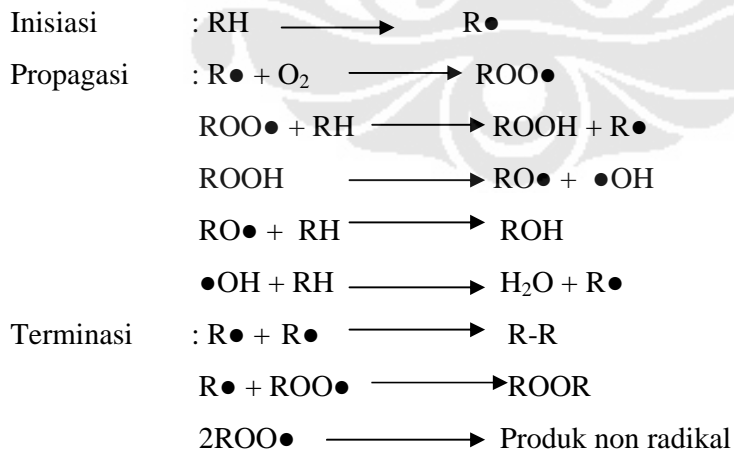
## 2.4.1 Antioksidan

Antioksidan adalah suatu zat aditif yang berfungsi untuk mencegah terjadinya reaksi oksidasi oleh oksigen yang dapat menyebabkan polimer terdegradasi. Degradasi ini disebabkan adanya pelepasan radikal bebas akibat panas, radiasi, *mechanical shear*, *metallic impurities* dan residu katalis yang dengan mudah teroksidasi oleh oksigen. Inisiasi radikal bebas dapat terjadi selama proses polimerisasi atau proses fabrikasi polimer.<sup>[9]</sup>

### 2.4.1.1 Mekanisme Degradasi Polimer

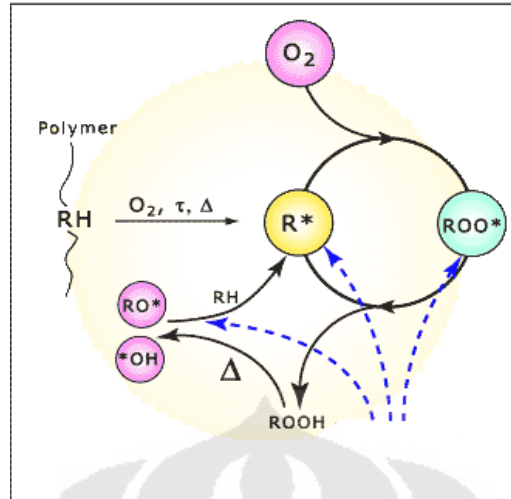
Degradasi bisa menyebabkan terjadinya *cross link* ataupun pemutusan rantai pada polimer. *Cross link* menyebabkan kenaikan berat molekul polimer, peningkatan kegetasan dan penurunan elastisitas. Pemutusan rantai menyebabkan berat molekul turun sehingga aliran leleh tinggi dan mengurangi *tensile strength*.

Oksidasi yang menyebabkan pemutusan rantai molekul polipropilena terjadi melalui reaksi berantai radikal bebas yang melibatkan beberapa tahap proses. Tahap pertama adalah tahap inisiasi, dimana pada tahap ini radikal bebas menginisiasi terjadinya reaksi oksidasi, tahap kedua adalah propagasi dimana radikal bebas yang terbentuk akan bereaksi dengan oksigen dan diakhiri dengan tahap terminasi atau tahap pengakhiran dari reaksi oksidasi. Tahap ini digambarkan oleh reaksi berikut ini.



Berikut merupakan gambar ilustrasi proses degradasi polimer.





**Gambar 2.11.** Ilustrasi degradasi polimer <sup>[19]</sup>

Antioksidan diperlukan selama proses resin menjadi pelet atau selama polimer digunakan, sebab jika tidak dikendalikan maka polimer akan menjadi terputus akibat dari proses ataupun dari lingkungan. Polimer yang putus menjadi fragmen-fragmen yang tidak dikehendaki akan merusak sifat fisik polimer itu yaitu menjadi lemah dan getas.

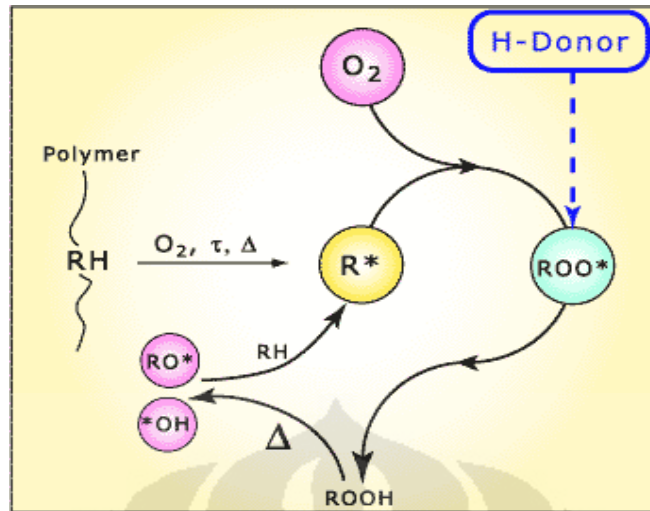
Dalam penelitian ini kami menggunakan aditif buatan China Catalyst Ltd. China dengan merek dagang CN-CAT (China Catalyst), dengan kadar 1500 ppm.

#### 2.4.1.2 Jenis-Jenis Antioksidan

Berdasarkan mekanisme kerjanya, antioksidan untuk polimer dibagi menjadi tiga macam, yaitu antioksidan primer atau *chain terminating* sebagai pendonor hidrogen, antioksidan sekunder sebagai pendekomposisi hidroperoksida, dan antioksidan tambahan sebagai penangkap radikal. <sup>[13]</sup>

##### Antioksidan primer

Antioksidan primer berfungsi dengan mendonasikan hidrogen ke reaksi radikal bebas peroksi untuk mencegah tahap propagasi. Berikut merupakan gambar ilustrasi mekanisme pendonor hidrogen.



**Gambar 2.11.** Ilustrasi pendonor hidrogen<sup>[19]</sup>

Antioksidan primer memiliki tiga tipe yaitu amina, fenolik dan garam metal.<sup>[10]</sup> Tipe amina, biasanya dari jenis arilamina, berfungsi sebagai antioksidan primer dengan mendonorkan hidrogen. Amina sering digunakan di industri karet.

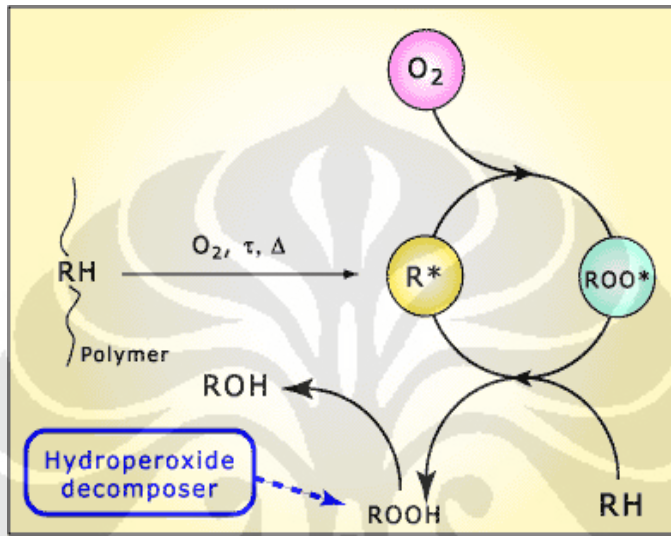
Tipe fenolik adalah jenis antioksidan yang sering digunakan di industri plastik. Tipe fenolik terdiri dari fenolik sederhana, bisfenolik, polifenolik dan tiobisfenolik. Jenis fenolik sederhana yang sering digunakan adalah butylated hydroxytoluene (BHT) atau 2,6-di-*t*-butyl-4-methylphenol. BHT memiliki kekurangan yaitu mudah menguap dan dapat menyebabkan diskolorisasi. Fenolik sederhana lainnya yang sering digunakan yaitu BHA (2- and 3-*t*-butyl-4-hydroxyanisole) yang digunakan di plastik pengemas makanan.

Bisfenolik dan polifenolik mempunyai berat molekul yang lebih tinggi dari fenolik sederhana.<sup>[10]</sup> Berat molekul yang tinggi ini menyebabkan antioksidan ini tidak mudah menguap. Polifenolik yang sering digunakan di industri polimer yaitu tetrakis (methylene-(3,5-di-*t*-butyl-4-hydroxyhydrocinnamate) *methane* atau IRGANOX1010.

*Tiobisfenolik* berfungsi sebagai *peroxide decomposers* (antioksidan sekunder) pada temperatur di atas 100°C. Biasanya, tiobisfenolik digunakan pada polimer terutama untuk aplikasi pada temperatur tinggi.

### Antioksidan Sekunder

Antioksidan sekunder menghambat oksidasi dengan menyiapkan proliferasi alkoksi dan radikal hidroksi dengan mengurangi hidroperoksida menjadi produk yang tidak reaktif. Antioksidan sekunder terdiri dari tiga tipe yaitu organofosfit dan thioester dan metal deaktivator.<sup>[14]</sup> Berikut adalah gambar ilustrasi pendekomposisi peroksida.



**Gambar 2.12.** Ilustrasi pendekomposisi peroksida<sup>[19]</sup>

Organophosphites, berperan sebagai antioksidan sekunder dengan cara mereduksi hidroperoksida menjadi alkohol, kemudian mengubahnya menjadi fosphonates. Tris-nonylphenyl phosphite (TNPP) sering digunakan sebagai organophosphite, penggunaan TNPP biasanya dicampur dengan tris(2,4-ditertbutylphenyl) phosphite. Kekurangan dari fosfit adalah kecenderungannya untuk menyerap air (bersifat higroskopis).

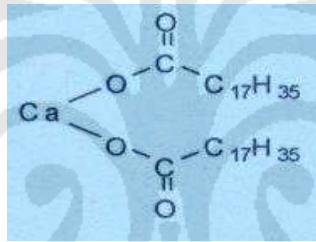
Thioester, merupakan senyawa turunan dari alifatik ester. Thioester berperan sebagai antioksidan sekunder dengan cara menghancurkan hidroperoksida menjadi senyawa turunan hexavalent sulfur yang stabil. Dalam polioelifin, pemakaian thioester biasanya dicampur dengan fenolik antioksidan (antioksidan primer).

## 2.4.2 Kalsium Stearat ( *Acid Scavenger* )

### 2.4.2.1 Pengertian *Acid Scavenger*

*Acid Scavenger* adalah salah satu jenis *polymer processing aid* (pembantu pemrosesan polimer) yang berfungsi menetralkan asam yang terbentuk pada saat proses agar rantai polimer tidak terdegradasi, juga agar asam dan unsur halogen (klorida) yang terbentuk tidak menyebabkan korosi diperalatan seperti *dryer, molding machine, mold surface, die lips*.<sup>[8]</sup>

Berdasarkan sifat fisik dan kimia *acid scavenger* terdiri dari tiga jenis, yaitu : *metallic stearate, hydrotalate* dan *hydrocalumite*.<sup>[7]</sup> Pada penelitian ini digunakan *calcium stearate* yang termasuk ke dalam jenis *metallic stearate* sebagai *acid scavenger*. Berikut merupakan gambar struktur molekul kalsium stearat



Gambar 2.13. Struktur molekul kalsium stearat<sup>[8]</sup>

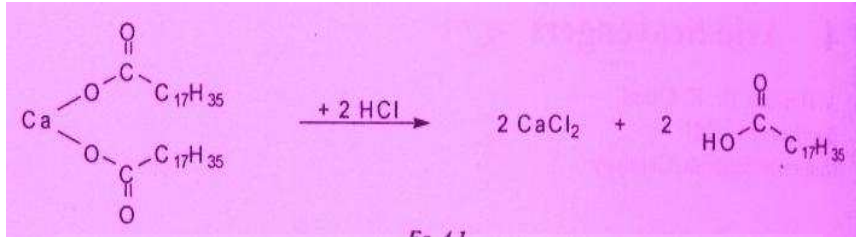
### 2.4.2.2 Mekanisme *Acid Scavenger*

Terbentuknya asam dan unsur halogen (klorida) pada saat proses disebabkan oleh peristiwa hidrolisis oleh sisa katalis karena adanya kelembaban udara. Pada polipropilena, terdapat ion  $Ti^{4+}$  dan  $Cl^-$  pada sisa katalis  $TiCl_4$ . Ion  $Ti^{4+}$  dan  $Cl^-$  pada sisa katalis  $TiCl_4$  akan menghidrolisis uap air, sehingga terbentuk ion  $H^+$  yang korosif. Oleh karena itu, *calcium stearate* sebagai *acid scavenger* mengorbankan diri untuk menetralkan ion  $H^+$ .



Sedangkan ion  $Cl^-$  akan bereaksi dengan  $H^+$  membentuk asam klorida. Seperti yang dijelaskan sebelumnya asam klorida ini bersifat korosif sehingga

apabila tidak dinetralkan akan mengkorosi peralatan proses. Kalsium stearat dapat menetralkan asam klorida dengan mengubahnya menjadi kalsium klorida dan asam stearic.<sup>[8]</sup>



**Gambar 2.14.**Reaksi Calcium stearate dengan asam klorida<sup>[8]</sup>

Selain berfungsi sebagai *acid scavenger*, kalsium stearat juga berfungsi sebagai pengisi untuk meningkatkan kepadatan (*bulkiness*), kekuatan, dan ketangguhan juga mengurangi biaya proses. Dan jika diaplikasikan di komposit polimer kalsium stearat juga berfungsi sebagai *lubricant* serta dapat membantu menghasilkan permukaan yang rata pada produk komposit. Kalsium stearat yang digunakan untuk penelitian ini adalah buatan *Palmstar, Ltd. Singapura* dengan kadar 650 ppm

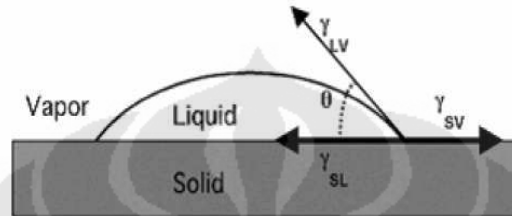
### 2.4.3 Coupling Agent

#### 2.4.3.1 Kemampuan Pembahasan (*Wettability*)

Ikatan *interface* (antarmuka) diakibatkan oleh gaya *adhesi* antara matriks dan penguat. Agar *adhesi* terjadi selama fabrikasi komposit, maka matriks dan penguat harus dalam keadaan kontak yang baik sekali<sup>[20]</sup>. Pada sejumlah tahap fabrikasi komposit, seringkali matriks berada dalam kondisi dimana matriks mampu mengalir (*flowing*) dan perilakunya mendekati perilaku cairan. Hal yang paling berpengaruh dalam hal ini adalah *wettability*. *Wettability* adalah kemampuan dari cairan matriks untuk tersebar merata kepermukaan suatu padatan. Jika cairan memiliki *wettability* yang baik maka cairan tersebut dapat menutupi seluruh lubang dan kontur pada permukaan yang kasar pada penguat dan menghilangkan semua udara.

Pada permukaan benda padat, saat setetes cairan jatuh maka akan terjadi kesetimbangan energi permukaan ( $\gamma$ ) pada kontak antara keduanya. Energi

permukaan yang terlibat (**Gambar 2.15**) antara lain energi permukaan padat-cair ( $\gamma_{sl}$ ), padat - gas ( $\gamma_{sv}$ ) dan cair-gas ( $\gamma_{lv}$ ). Agar terjadi pembasahan maka harus ada pengurangan energi permukaan.<sup>[17]</sup> Jika  $\gamma_{sl}$  besar maka cairan membentuk tetesan dengan luas permukaan kecil sedangkan jika  $\gamma_{sv}$  besar tetesan akan tersebar merata pada permukaan.<sup>[18]</sup>



**Gambar 2.15.** Energi permukaan pada cairan di permukaan padat<sup>[21]</sup>

Kesetimbangan energi pada sistem disajikan dalam persamaan Young<sup>[22]</sup>, yaitu :

$$\gamma_{SV} = \gamma_{LV} \cos \theta + \gamma_{SL} \quad (2.11)$$

Sudut  $\theta$  dijadikan indikator tingkat pembasahan. Nilai  $\theta$  berada diantara  $0^\circ - 180^\circ$  dengan ketentuan jika  $\theta = 90^\circ$  maka tidak terjadi pembasahan sempurna (**Gambar 2.16**). Parameter lain yang digunakan untuk mengukur *wettability* adalah *work adhesion*, seperti yang dirumuskan pada persamaan berikut.

$$W_A = \gamma_1 + \gamma_2 - \gamma_{12} \quad (2.12)$$

Dengan mensubstitusi persamaan (2.11) dan persamaan (2.12) maka didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W_A &= \gamma_1 + \gamma_2 - \gamma_{12} \\ W_A &= \gamma_{LV} + \gamma_{SV} - \gamma_{SL} \\ W_A &= \gamma_{LV} + \gamma_{LV} \cos \theta + \gamma_{SL} - \gamma_{SL} \\ W_A &= \gamma_{LV} (1 + \cos \theta) \end{aligned} \quad (2.13)$$

Dimana :

$\gamma_{LV}$  = *Liquid Vapor phase*

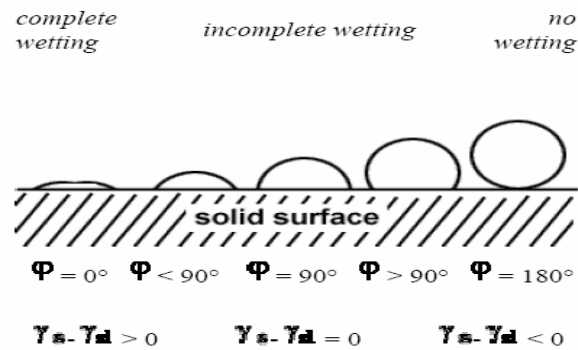
$\gamma_1$  = *Liquid Surface Energy*

$\gamma_{SL}$  = *Solid Liquid phase*

$\gamma_2$  = *Solid Surface Energy*

$\gamma_{SV}$  = *Solid Vapor phase*

$\gamma_{12}$  = *Free energy at L-S Interface*



**Gambar 2.16.** Kemampuan pembasahan berdasarkan besarnya sudut kontak ( $\phi$ )<sup>[21]</sup>

#### 2.4.3.2 Fungsi *Coupling Agent*

Di dalam suatu sistem yang *immiscible*, untuk meningkatkan tingkat dispersi biasanya digunakan *coupling agent*. *Coupling agent* adalah suatu zat yang menghubungkan setiap konsituen dalam suatu agar terbentuk suatu sistem yang saling melarutkan (*miscible*).

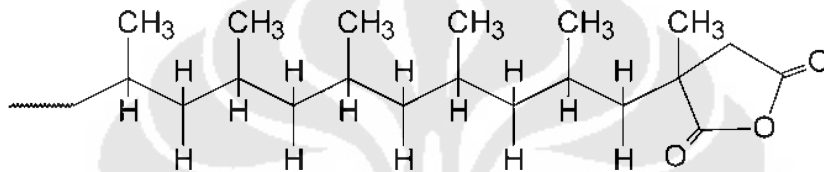
Prinsip kerjanya adalah sebagai interfase, yang mempengaruhi adhesi interfacial dan tegangan interfacial. Interfacial adhesion akan semakin besar dan tegangan interfacial akan turun dengan penambahan *coupling agent*. Akibatnya akan terbentuk sistem yang saling melarutkan. *Coupling agent* yang sering digunakan adalah kopolimer baik tipe blok maupun tipe cangkok.<sup>[23]</sup> Hal ini dikarenakan pada kedua jenis kopolimer ini, terdapat bagian rantai yang tersusun oleh ikelompok monomer sejenis.

Sebagai contoh, pada penelitian ini, hendak dicampur polipropilena dengan serbuk kayu karet. Polipropilena merupakan material non polar sedangkan kayu merupakan material polar, sehingga gaya adhesi dan interfase antara polimer dengan kayu sangat lemah, oleh karena itu diperlukan suatu zat penggabung (*coupling agent*) yang berfungsi sebagai jembatan penyambung perbedaan sifat antara plastik dan kayu tersebut. Fungsi dasar dari *coupling agent* adalah untuk meningkatkan gaya adhesi dan menurunkan energi interfacial antara serat selulosa (*filler*) dengan matrik polimer.<sup>[24]</sup>

#### 2.4.3.2 Polipropilena Anhidrida Maleat (PPMA)

Salah satu *jenis coupling agent* yang sering digunakan sebagai zat penggabung pada komposit polimer-serbuk kayu adalah kopolimer cangkok

polipropilena-anhidrida maleat (PPMA), demikian pula pada penelitian ini. PPMA merupakan jenis kopolimer cangkok (*grafting co-polymer*), dimana Polipropilena sebagai rantai utama dicangkok dengan molekul maleat anhidrida (*maleic anhydride*). Molekul maleat anhidrida tercangkok pada atom karbon tersier Polipropilena (atom karbon yang mengikat tiga atom karbon lain) dalam rantai polipropilena-nya. PPMA mempunyai kekentalan yang rendah pada saat leleh, sehingga fleksibilitasnya tinggi dan lebih agresif mengikat matriks polipropilena. Berikut merupakan gambar struktur kimia PPMA.

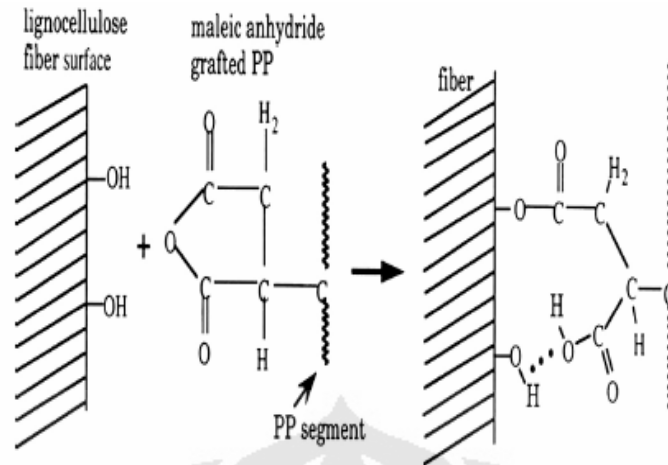


**Gambar 2.17.** Struktur kimia salah satu jenis molekul PPMA, yang molekul-anhidrida-maleat-nya tercangkok pada ujung rantai polipropilena.<sup>[17]</sup>

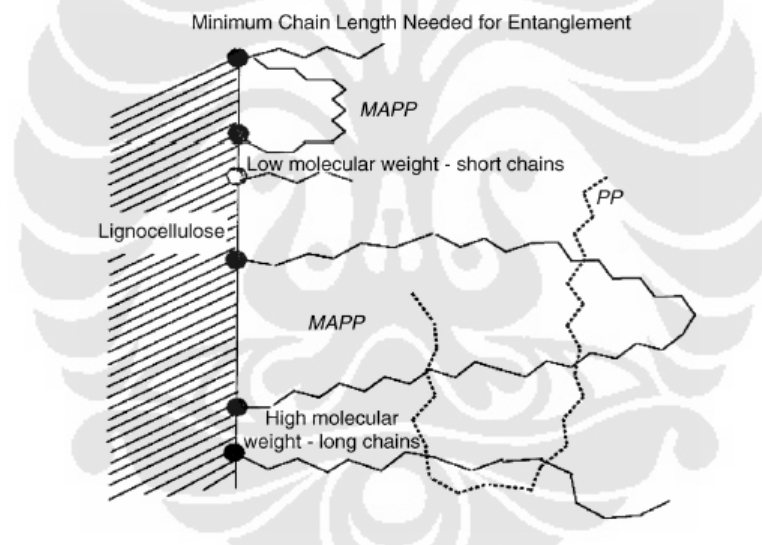
#### 2.4.3.3 Prinsip kerja PPMA

Prinsip kerja PPMA sama seperti zat penggabung pada umumnya. Maleat anhidrat dapat berikatan dengan gugus hidroksil. Gugus anhidrida pada maleat anhidrat sangat reaktif terhadap gugus hidroksil yang terdapat pada lignin dan selulosa, senyawa kimia utama pada kayu, sehingga berikatan secara kovalen membentuk gugus ester dan membentuk gugus asam yang kemudian berikatan hidrogen dengan gugus hidroksil lainnya pada lignin atau selulosa. Semakin banyak molekul anhidrida maleat yang tercangkok pada PPMA, maka ikatan-ikatan tersebut di atas semakin banyak, sehingga ikatan antara matriks polipropilena dengan pengisi serbuk kayu akan semakin kuat. Sedangkan PP dalam PPMA larut atau berpadu (*miscible*) dengan matriks komposit. Banyaknya PPMA yang ditambahkan di komposit polimer serbuk kayu yaitu sebesar 1-5% wt formulasi <sup>[17]</sup>. Berikut merupakan ilustrasi reaksi dan pengikatan PPMA dengan bahan pengisi.





**Gambar 2.18.** Reaksi antara gugus anhidrida pada PPMA dengan gugus hidroksil pada permukaan kayu <sup>[17]</sup>



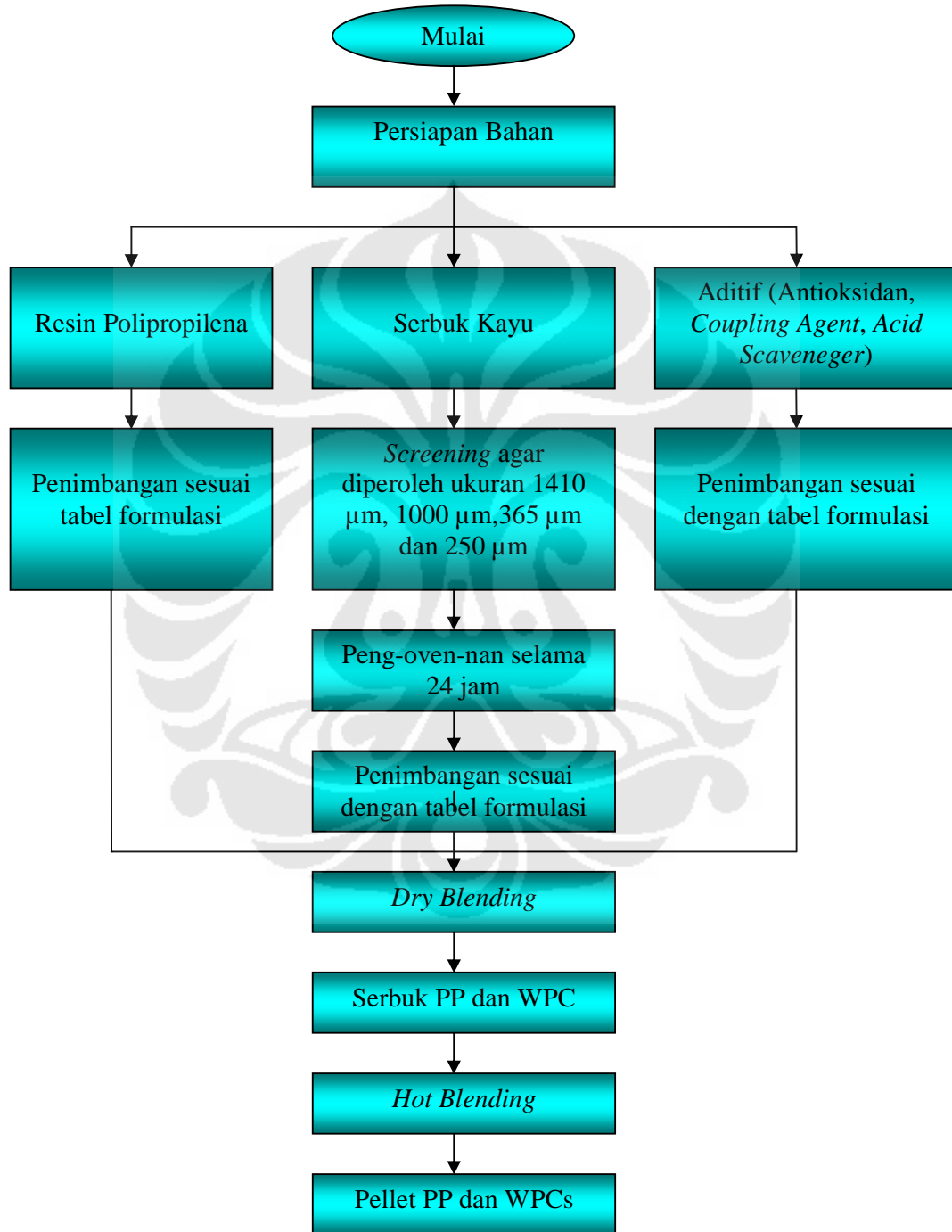
**Gambar 2.19.** Pengikatan bagian PP dari PPMA pada Matriks polipropilena <sup>[17]</sup>

Selain PPMA, *copuling agent* yang sering dipakai sebagai zat penggabung di komposit polimer adalah sebagai berikut: <sup>[24]</sup>

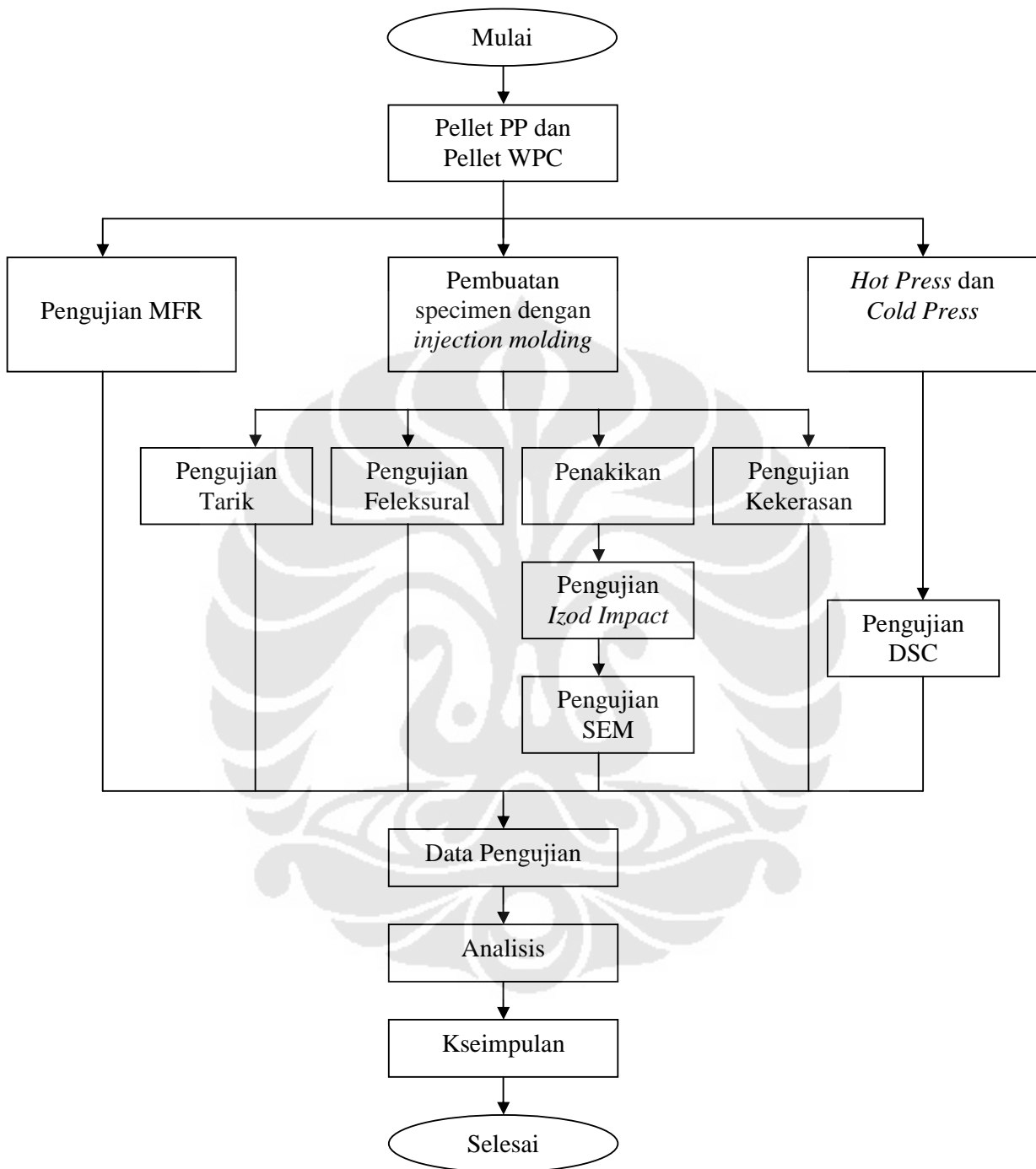
- Bifunctional oligomers atau polimers,
- Silane
- Acrylic-modified polytetrafluoroethylene (PTFE)
- Chloroparafins,

**BAB III**  
**METODOLOGI PENELITIAN**

**3.1 DIAGRAM ALIR FORMULASI**



### 3.2 DIAGRAM ALIR PENGUJIAN



### 3.3 FORMULASI

**Tabel III.1.** Tabel Formulasi

Bahan	Unit	Sampel	Sampel	Sampel	Sampel	Sampel
		F1	F2	F3	F4	F5
CN-CAT	ppm	1500	1500	1500	1500	1500
CaSt	ppm	650	650	650	650	650
<i>Coupling Agent</i>	%wt	-	5	5	5	5
Kayu	%wt	-	10	10	10	10
Kayu	mesh	-	12	18	40	60
Resin	%wt	99.785	84.785	84.785	84.785	84.785
Polipropilena						
Total Berat	Kg	5	3.5	5	3.5	3.5

### 3.4 SPESIFIKASI BAHAN

#### 3.4.1 Resin Polipropilena

Resin Polipropilena yang dipakai dalam penelitian ini merupakan hasil reaksi proses Unipol dengan ditambahkan beberapa jenis aditif sehingga diperoleh grade *Cast Film* (CS). Resin polipropilena berwujud serbuk dan memiliki batas toleransi nilai melt flow  $\pm 20$  % dari melt flow yang seharusnya. Dimana selanjutnya resin polipropilena ini di *dry blending* bersama serbuk kayu, *coupling agent*, antioksidan dan *acid scavenger* untuk membentuk pellet komposit polipropilena serbuk kayu.

**Tabel III.2.** Spesifikasi Pellet Polipropilena HF 8.0 CM

Parameter	Unit	Nilai
MFR	gr/10min	6.8-8.2
XS	%wt	3.1
TI	Ppm	0.48-0.78
Al	Ppm	48-189
Cl	Ppm	30

PEPQ	Ppm	439
P-168	Ppm	580
CaSt	Ppm	2250
SiO <sub>2</sub>	Ppm	1150
<i>Haze</i>	%	0.7
<i>Thickness</i>	Micron	45
<i>Melting Point</i>	°C	134,73-161.06
<i>Cristalization</i>	°C	97.02-107.81
Et	%	X
<i>Gel Count</i>	# S/L	2/1
Elongasi	%	11.4
Fleksural		
Modulus	Mpa	1280
Kekerasan	R-scale	85
<i>Gardner Impact</i>	Kg.cm	2.7
<i>Tensile Yield Strength at 50 mm/min</i>	MPa	35

Sumber : UNIPOL Manual Book PT Trypolita, Tbk.

### 3.4.2 Serbuk Kayu Karet

Serbuk kayu yang dipakai dalam penelitian ini berasal dari hasil peremajaan/penebangan pohon karet yang berumur lebih dari 30 tahun. Kayu pohon karet tersebut dihancurkan sehingga berbentuk serbuk. Kemudian serbuk kayu di *screening* atau diayak agar diperoleh ukuran serbuk sebesar 12, 18, 40 dan 60 mesh. Serbuk kayu dalam komposit ini berfungsi sebagai *filler* sehingga diharapkan dapat meningkatkan *properties* komposit.

### 3.4.3 Antioksidan

Antioksidan adalah suatu zat aditif yang berfungsi untuk mencegah terjadinya reaksi oksidasi oleh udara atau oksigen yang dapat menyebabkan polimer terdegradasi. Dalam penelitian ini digunakan antioksidan yang

diproduksi oleh China Catalyst Ltd. China dengan merek dagang CN-CAT<sup>®</sup> B-215. Anti oksidan CN-CAT<sup>®</sup> B-215 bekerja dengan menerapkan dua mekanisme yaitu sebagai pendonor hidrogen (Antioksidan Fenolik) dan pendekomposisi hidroperoksida (Antioksidan Organofosfor). CN-CAT<sup>®</sup> B-215 merupakan campuran dari CN-CAT<sup>®</sup> A-1010 dan CN-CAT<sup>®</sup> A-168 dimana CAT<sup>®</sup> A-1010 berfungsi sebagai pendonor hidrogen dan CN-CAT<sup>®</sup> A-168 berfungsi sebagai pendekomposisi hidroperoksida.

**Tabel III.3.** Struktur Kimia CN-CAT<sup>®</sup> A-1010 dan CN-CAT<sup>®</sup> A-168

Nama Senyawa	Struktur Kimia
CN-CAT A-1010	
Pentaerythritol Tetrakis [3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)-propionate)	
CN-CAT A-168	
tris(2, 4-di-tert-butylphenyl) phosphite	

Sumber : *Sumber: MSDS PT Clariant*

**Tabel III.4.** Sifat-sifat CN-CAT<sup>®</sup> A-168

Parameter	Nilai
<i>Appearance</i>	<b>White powder</b>
<i>Color of solution</i>	<b>Clear</b>
<i>Melting Point</i>	<b>110-125 °C</b>
<i>Ash Content</i>	<b>0.1 % (max)</b>
TGA (105 °C, 2 hours)	<b>0.5 % (max)</b>
<i>Assay</i>	<b>94.0 % (min)</b>

**Transmittance:**

**425nm**                      **96 % (min)**

**500nm**                      **98 % (min)**

Sumber: <http://www.cn-cat.com/Products/Additives/additives.htm>

**Tabel III.5.** Sifat-sifat CN-CAT<sup>®</sup> A-1010

Parameter	Nilai
<i>Appearance</i>	<b>White powder</b>
<i>Color of solution</i>	<b>Clear</b>
<i>Melting Point</i>	<b>110-125 °C</b>
<i>Ash Content</i>	<b>0.1 % (max)</b>
TGA (105 °C, 2 hours)	<b>0.5 % (max)</b>
Assay	<b>94.0 % (min)</b>

**Transmittance:**

**425nm**                      **96 % (min)**

**500nm**                      **98 % (min)**

Sumber: <http://www.cn-cat.com/Products/Additives/additives.htm>

**Tabel III.6.** Sifat-sifat CN-CAT<sup>®</sup> B-215

(Campuran CN-CAT<sup>®</sup> A-1010 dan CN-CAT<sup>®</sup> A-168) []

Parameter	Nilai
Penampilan	<b>White to off white granules</b>
Warna Larutan	<b>Jernih</b>
Komposisi Utama	<b>A 168 : 61.5 – 71.5 %</b> <b>A 1010 : selebihnya</b>
TGA (100°C, 2 jam)	<b>0.5 % (max)</b>

**Transmitan**

**425nm**                      **96 % (min)**

**500nm**                      **98 % (min)**

Sumber: <http://www.cn-cat.com/Products/Additives/additives.htm>

### 3.4.4 Acid Scavenger (*Calcium stearate*)

*Calcium stearate* digunakan sebagai *acid scavenger* yang fungsinya untuk menetralkan asam yang terbentuk dari hidrolisis uap air oleh katalis, sehingga tidak mengkorosi alat-alat proses. *Calcium stearate* yang digunakan untuk penelitian ini adalah buatan *Palmstar, Ltd. Singapura*.

**Tabel III.7.** Sifat-sifat Palmstar CaSt

Parameter	Nilai
<i>Appearance</i>	<b><i>white fine powder</i></b>
<i>Molecular Formula</i>	<b><math>\text{Ca}(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COO})_2</math> <i>Calcium Stearate</i></b>
<i>Molecular Weight</i>	<b>606.61 g/mol</b>
$T_{\text{melt}}$	<b>140 – 170°C</b>
$T_{\text{autoignition}}$	<b>398.89°C</b>
<i>Specific Gravity</i>	<b>1.03</b>
<i>Bulk Density</i>	<b>0.2 g/cm<sup>3</sup> (max)</b>
<i>Odor</i>	<b>Faint fatty odor</b>
<i>Ca content</i>	<b>6.6 +- 0.2%</b>
<i>Salt content</i>	<b>1.0% (max)</b>
<i>Volatile Matter</i>	<b>2.0% (max)</b>
<i>Pb content</i>	<b>0.0005% (max)</b>
<i>Cd content</i>	<b>0.0005% (max)</b>
<i>Xn content</i>	<b>0.005% (max)</b>
<i>Free Fatty Acid</i>	<b>1.0% (max)</b>
<i>Soluble in water</i>	<b>0.2% (max) but can solubilised by acid</b>
<i>Through 200 mesh sieve</i>	<b>99.0% (min)</b>
<i>Toxicity</i>	<b>LD50 (oral, rat) &gt;10 mg/kg</b>

Sumber: MSDS CaSt (PT. Inkomas Lestari)



### 3.4.5 Coupling Agent

Resin Polipropilena bersifat nonpolar sedangkan serbuk kayu bersifat polar, oleh sebab itu perlu digunakan zat penggabung (*Coupling agent*) yang berfungsi sebagai jembatan penyambung perbedaan polaritas tersebut. Zat penggabung yang digunakan dalam penelitian ini merupakan produk PT Clariant dengan merek dagang Licocene PPMA 6452 TP. *Licocene*® PPMA 6452 TP merupakan polimer yang dibuat dari teknologi polimerisasi *metallocene* berupa Polipropilena yang dicangkok (*grafting*) dengan Maleat Anhidrat (PP-g-MA). Sebenarnya aplikasi umum dari *Licocene*® PPMA 6452 TP adalah sebagai perekat leleh yang panas (*hot melt adhesive*), namun zat penggabung tipe ini juga dapat digunakan sebagai zat penggabung untuk komposit plastik - serbuk kayu.

**Tabel III.8.** Sifat-sifat Licocene PPMA 6452 TP

Parameter	Nilai
<i>Drop point</i>	<b><i>approx. 145 °C</i></b>
<i>Viscosity at 170 °C</i>	<b><i>approx. 60 mPa·s</i></b>
<i>Density at 20 °C</i>	<b><i>approx. 0.90 g/cm<sup>3</sup></i></b>
<i>Acid value</i>	<b><i>0 mg KOH/g</i></b>
<i>Form supplied</i>	<b><i>white fine grain</i></b>

Sumber: [http://www.specialchem4adhesives.com/tc/metallocene-polyolefins/index.aspx?id=adhesion-enhancer/Licocene PPMA 6452.pdf](http://www.specialchem4adhesives.com/tc/metallocene-polyolefins/index.aspx?id=adhesion-enhancer/Licocene%20PPMA%206452.pdf)

## 3.5 PEMBUATAN SPESIMEN

### 3.5.1 Screening

Screening (pengayakan) bertujuan untuk memperoleh serbuk kayu berukuran 12, 18, 40 dan 60 mesh

#### 3.5.1.1 Alat dan Bahan :

##### Alat:

- Loyang Pengayak 12, 18, 40 dan 60 mesh
- Wadah penampung
- Mesin Vibrasi Fritch
- Mesin Vibrasi RO-TAP

**Bahan** : Serbuk kayu karet

### **3.5.1.2 Kondisi Proses**

Temperatur proses : Suhu kamar

Amplitudo : kecil-medium

Lama Vibrasi : 15-25 menit

No. Mesh akhir : 12,18, 40, 60 mesh

### **3.5.1.3 Prosedur Pengayakan**

- a) Susun loyang pengayak dengan urutan sebagai berikut : 12 mesh – 18 mesh – 40 mesh – 60 mesh;
- b) Letakkan wadah penampung dibagian paling bawah (di bawah loyang ukuran 60 mesh);
- c) Masukkan serbuk kayu ke loyang pengayak ukuran 12 mesh (paling atas) kemudian tutup;
- d) Letakkan susunan loyang pengayak tersebut diatas mesin vibrasi dan pasang pengikatnya,;
- e) Nyalakan mesin vibrasi dengan amplitudo dan lama vibrasi sesuai dengan ketentuan alat;
- f) Setelah alat pengayak berhenti bervibrasi, ambil serbuk kayu;
- g) Pisahkan serbuk kayu sesuai dengan ukuran meshnya;
- h) Ulangi langkah a – g sampai diperoleh jumlah serbuk kayu yang diinginkan.

### **3.5.2 Peng-oven-an**

Pengovenan bertujuan untuk mengurangi kadar air (*moisture*) serbuk kayu

#### **3.5.2.1 Alat dan Bahan**

**Alat** :

- a) Oven Heraeus
- b) Wadah penampung

**Bahan** : Serbuk kayu yang telah diayak

#### **3.5.2.2 Kondisi Proses**

Lama pengovenan : 24 jam  
Temperatur : 110°C  
Kelembaban ruang : 50+5% *humidity*

### 3.5.2.3 Prosedur Peng-oven-an

- a) Masukkan serbuk kayu yang telah dipisahkan sesuai dengan ukuran meshnya dalam wadah penampung ke dalam oven;
- b) Atur temperatur oven pada 110°C dan pastikan oven tertutup;
- c) Setelah 24 jam keluarkan serbuk kayu dari oven;
- d) Masukkan serbuk kayu yang telah di-oven ke dalam plastik,;
- e) Tutup rapat plastik agar tidak terjadi kontak dengan udara luar;

*Catatan : Penempatan serbuk kayu ke plastik harus dilakukan secepat mungkin untuk menghindari kontak dengan udara, dikarenakan sifat serbuk kayu yang sangat higrokopis (menyerap air).*

### 3.5.3 Penimbangan

Penimbangan bertujuan untuk mendapatkan takaran yang sesuai dengan komposisi pada tabel formulasi

#### 3.5.3.1 Alat dan Bahan :

##### Alat :

- a) Timbangan analitik digital Sartorius
- b) Timbangan non-analitik digital Kubota

##### Bahan :

- a) Antioksidan CN-CAT<sup>®</sup> B-215
- b) *Acid scevenger* CaSt
- c) Serbuk kayu karet
- d) Zat penggabung (*coupling agent*) *Licocene*<sup>®</sup> PPMA 6452 TP
- e) Resin polipropilena HF8.0CM,

#### 3.5.3.2 Kondisi Proses

Temperatur : Temperatur kamar

Kelembaban : 50+5% *humidity*

### 3.5.3.3 Prosedur Penimbangan

- a) Letakkan wadah diatas alat penimbang;
- b) Tekan *tare* untuk meng-nol-kan nilai berat diatas timbangan;
- c) Masukkan bahan yang akan ditimbang ke dalam wadah yang telah diletakkan diatas timbangan. Jumlahnya sesuai dengan tabel formulasi;
- d) Lakukan hal yang sama untuk setiap bahan.

*Catatan : Penimbangan antioksidan CN-CAT<sup>®</sup> B-215, acid scevenger CaSt, serbuk kayu karet, dan zat penggabung (coupling agent) Licocene<sup>®</sup> PPMA 6452 TP dilakukan dengan timbangan analitik digital Sartorius. Sedangkan penimbangan resin PP dilakukan dengan timbangan non-analitik digital Kubota. Serbuk kayu yang telah ditimbang harus sesegera mungkin dimasukkan ke dalam plastik dan ditutup rapat untuk mencegah kontak yang terlalu lama dengan udara.*

### 3.5.4 Compounding (Dry Blending)

Compounding (dry blending) bertujuan untuk menghomogenisasi distribusi partikel aditif dan *filler* ke dalam matriks polipropilena

#### 3.5.4.1 Alat dan Bahan

**Alat :** *Teledyne Mixer Blender*

**Bahan :**

- a) Antioksidan CN-CAT<sup>®</sup> B-215
- b) *Acid scevenger* CaSt
- c) Serbuk kayu karet
- d) Zat penggabung (*coupling agent*) Licocene<sup>®</sup> PPMA 6452 TP
- e) Resin polipropilena HF8.0CM,

#### 3.5.4.2 Kondisi Proses

Temperatur Proses : temperatur kamar

Kelembaban : 50+5% *humidity*

Lama *dry blending* :  $\pm 10$  menit untuk setiap formula

### 3.5.4.3 Prosedur *dry blending*

- a) Tarik katup pengait diantara mesin *dry blending* dengan wadah pengaduk agar wadah pengaduk tersebut terlepas;
- b) Campurkan semua bahan yang telah ditimbang sesuai dengan formulasi kemudian masukkan dalam wadah pengaduk;
- c) Pasang kembali wadah pengaduk pada mesin *dry blending* dan tekan katup pengaitnya. Pasang penutup wadah pengaduk;
- d) Tekan mode *on* pada mesin *dry blending* untuk memulai proses pengadukan;
- e) Tunggu selama  $\pm 10$  menit hingga mesin blender berhenti berputar;
- f) Lepaskan wadah pengaduk dari mesin *dry blending*;
- g) Buka penutup wadah dan tuang serbuk komposit yang telah diaduk ke dalam kantong plastik;
- h) Lakukan langkah yang sama untuk setiap formulasi.

### 3.5.5 *Pelletizing (Hot Blending)*

*Pelletizing (hot blending)* bertujuan untuk membentuk pellet polipropilena dan pellet komposit.

#### 3.5.5.1 Alat dan Bahan

**Alat** : *Twin screw extruder*

**Bahan** : Serbuk WPC

#### 3.5.5.2 Kondisi Operasi

Kelembaban :  $50 \pm 5\%$  *humidity*

Media Pendingin : udara

Kondisi proses *pelletizing*

**Tabel III.9.** Kondisi proses *pelletizing*

Zone	Temperatur
Zone 1	<b>120°C</b>
Zone 2	<b>140°C</b>
Zone 3	<b>140°C</b>
Zone 4	<b>140°C</b>

Zone 5	150°C
Zone 6	150°C
Zone 7	160°C
Zone 8	190°C
Zone 9	190°C
Die	190°C

### 3.5.5.3 Prosedur *pelletizing*

- Hidupkan *twin screw extruder* dan atur *seting-an* temperatur setiap zona *barrel* agar serbuk komposit tidak terbakar;
- Jalankan *screw extruder* untuk membuang sisa material sebelumnya. Dan lakukan pembilasan dengan menggunakan resin polipropilena HF8.0CM;
- Masukkan serbuk komposit kedalam *hopper*. Serbuk komposit akan ter-*extrude* dan keluar melalui dies berupa *strand*. Kemudian *strand* komposit akan jatuh ke *belt strand conveyer* dan secara otomatis dibawa mendekati alat pemotong sambil dilakukan pendinginan udara menggunakan *air blower*;
- Tarik *strand* komposit jika telah berada di ujung *belt strand conveyer* dan masukkan ke dalam alat pemotong;
- Lakukan langkah dan pengaturan yang sama untuk setiap formulasi.

### 3.5.6 *Injection Molding*

*Injection molding* bertujuan untuk membuat spesimen untuk uji tarik, uji impak, uji kekerasan, uji fleksural

#### 3.5.6.1 Alat Dan Bahan

**Alat** : *Injection Molding* Arburg

**Bahan** : Pellet polipropilena dan pellet WPC

#### 3.5.5.2 Kondisi Proses

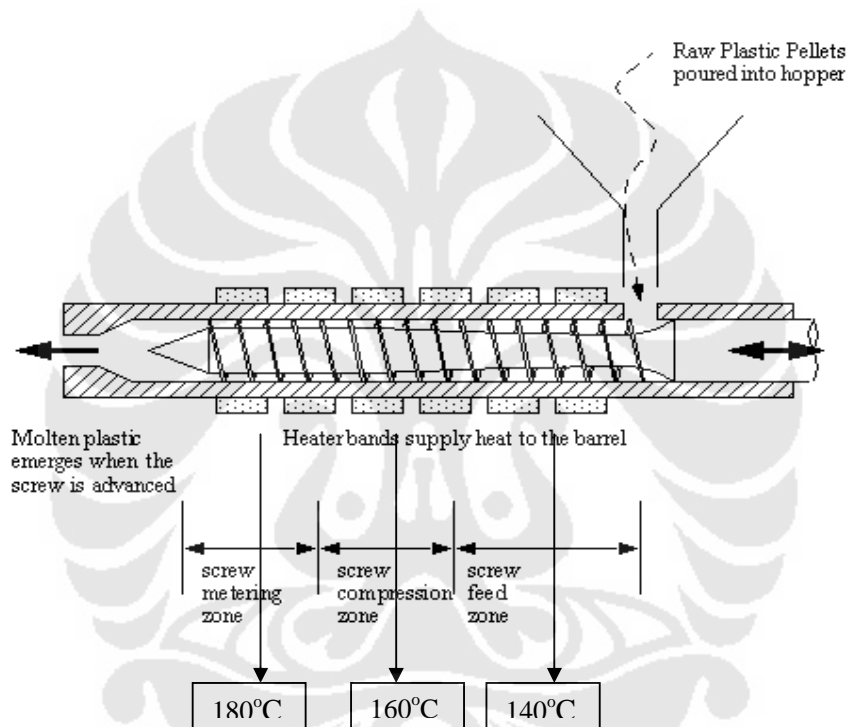
Kelembaban : 50±5% *humidity*

Temperatur Pengujian : Temperatur kamar

Kondisi proses *injection molding*

**Tabel III.10.** Kondisi proses *injection molding*

Zone	Temperatur
<i>Feed Zone</i>	<b>140°C</b>
<i>Compression Zone</i>	<b>160°C</b>
<i>Melting Zone</i>	<b>180°C</b>



**Gambar 3.1.** Ilustrasi kondisi proses *Injection molding*

### 3.5.5.3 Prosedur *injection molding*

- Pastikan *hopper* dalam keadaan kosong. Bila ternyata masih terdapat sisa pellet, maka pellet tersebut harus dibuang terlebih dahulu dengan cara mendorong *hopper* ke arah samping sampai pellet mengalir turun melalui selang yang tersedia. Kemudian kembalikan *hopper* ke posisi semula;
- Masukkan sampel ke dalam *hopper*;
- Hidupkan mesin pendingin dan mesin injeksi;

- d) Buang sisa polimer leleh yang berada di dalam *extruder* dan bilas menggunakan pellet sampel;
- e) Setting temperatur dan tekanan sebagai variabel *trial and error* untuk memperoleh spesimen yang baik;
- f) Kondisikan specimen pada temperatur  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  & kelembaban relatif  $50 \pm 2\%$  minimal selama 40 jam;
- g) Lakukan langkah yang sama untuk setiap formulasi

### **3.5.7 Hot Press dan Cold Press**

*Hot press* dan *cold press* bertujuan untuk membuat spesimen yang digunakan untuk menentukan temperatur *melting* dan temperatur kristalisasi.

#### **3.5.7.1 Alat dan Bahan**

**Alat** : Hydraulic press machine

**Bahan** : Pellet polipropilena dan pellet WPC

#### **3.5.7.2 Kondisi Proses**

Kelembaban :  $50 \pm 5\%$  *humidity*

Temperatur Pengujian : Temperatur kamar

#### **3.5.7.3 Prosedur hot press dan cold press**

- a) Susun *mold* sebagai berikut :

*Mold carrier, baking plate, aluminium foil, mold (4 hole)*

- b) Tempatkan 4 gram sampel pada tiap *hole* di *mold*;
- c) Tutup sampel dengan aluminium *foil* dan *baking plate*;
- d) *Press* sampel pada suhu  $230^\circ\text{C}$  selama 120 detik;
- e) Lanjutkan dengan *press* dingin selama 120 detik;
- f) Lakukan langkah yang sama untuk setiap formulasi.

## **3.6 PENGUJIAN**

### **3.6.1 Melt Flow Rate (MFR)**



Pengujian MFR bertujuan untuk menentukan MFR material polimer. MFR adalah berat polimer yang mengalir melalui dies dengan diameter dan panjang yang tertentu selama 10 menit pada temperatur dan beban konstan.

Standar Pengujian : ASTM D 1238

### 3.6.1.1 Alat dan Bahan :

#### Alat :

1. Rangkaian alat melt indexer
2. Skop kecil
3. Kain cotton flannel 2 x 2 inch
4. cutter
5. Hexadecane

**Bahan :** Pellet polipropilena dan pellet WPC

### 3.6.1.2 Kondisi Operasi

Dari pengujian Melt Flow Index di laboratorium PT Try Polyta diperoleh data operasi sebagai berikut :

Berat beban	: 2060 g
Berat piston	: 100 g
Temperatur pengukuran	: 230 °C
Waktu pra-pemanasan ( <i>pre-heat</i> )	: 300 detik
Piston <i>travelcup</i>	: 25,4 mm
Diameter <i>orifice</i>	: 0,0825 ± 0,0002 inchi
Panjang <i>orifice</i>	: 0,315 ± 0,0001 inchi
Temperatur setting	: 230°C
Temperatur aktual	: 230°C
Kelembaban	: 50±5% <i>humidity</i>
Temperatur Pengujian	: Temperatur kamar

### 3.6.1.3 Prosedur pengujian

- a) Cek kondisi peralatan bila sudah sesuai dengan standar, pengujian bisa dimulai;
- b) Masukkan pellet WPC sekitar 20 gram kedalam *extrusion plastometer*;

- c) Tekan-tekan dan padatkan pellet WPC dengan cepat;
- d) Singkirkan kelebihan pellet WPC, lalu pasang piston dan beban;
- e) Aktifkan mode pengukuran dan tunggu hasilnya;
- f) Catat hasil untuk 2 kali pengambilan data tiap formula dan ulangi pengukuran jika perlu;
- g) Bersihkan alat uji sesuai prosedur kebersihan alat;
- h) Ulangi pengujian untuk formula yang berbeda.

Prosedur Kebersihan *Extrusion Plastometer*:

- a) Pindahkan piston dan *orifice* lalu bersihkan dengan *hexadecane*, kemudian celupkan piston dalam air;
- b) Bersihkan silinder dengan *rifle brush* dan kain yang sudah dibasahi dengan *hexadecane*;
- c) Bersihkan polimer yang kering dan menempel pada piston dan *orifice* dengan pisau;
- d) Pasang *orifice* dan piston, lalu biarkan piston dalam barrelnya sekitar 20 menit sebelum digunakan kembali, agar kondisi standar kembali terpenuhi;
- e) Ulangi prosedur kebersihan setiap selesai pengukuran *melt flow rate*

### 3.6.2 *Differential Scanning Calorimeter (DSC)*

Pengujian DSC bertujuan untuk menentukan temperatur *melting* dan temperatur kristalisasi.

Standar Pengujian : ASTM D 3895

#### 3.6.2.1 Alat dan Bahan

**Alat** : *Differential Scanning Calorimeter (DSC)*

**Bahan** : Pellet polipropilena dan pellet WPC

#### 3.6.2.2 Kondisi Operasi

Kelembaban :  $50 \pm 5\%$  *humidity*

Temperatur Pengujian : Temperatur kamar

#### 3.6.2.3 Prosedur Pengujian

- a) Pasang 5 mg sampel cup DSC yang telah di-*shaping* ke tempat dudukan sampel uji DSC;
- b) Aktifkan DSC, dimulai dengan *preliminary thermal history*;
- c) Mulai pengukuran (rate 10°C) dan mem-plot hasilnya (baik kurva endotermik untuk  $T_m$  maupun kurva eksotermik untuk  $T_{\text{kristalisasi}}$ ), catat 1 pasang kurva tiap formula tetapi dapat pula diulang bila perlu;
- d) Ulangi pengujian untuk formula yang berbeda.

Hasilnya dapat langsung dilihat dalam bentuk grafik yang sudah dibuat secara komputerisasi juga.

### 3.6.3 Pengujian Tarik (*Tensile Strength*)

Pengujian tarik (*tensile strength*) bertujuan untuk menentukan kekuatan tarik pertambahan panjang saat deformasi, dan Modulus Young dari material polimer dan material WPC.

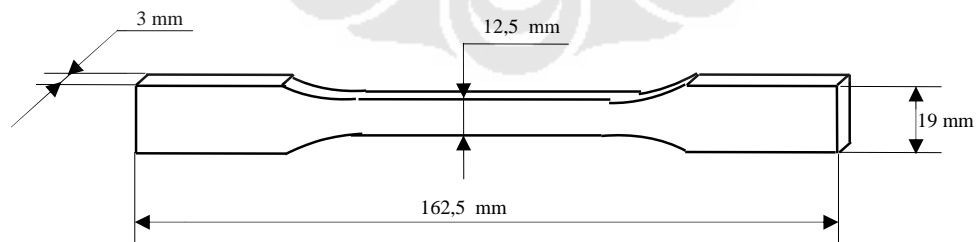
Standar Pengujian : ASTM D638

#### 3.6.3.1 Alat dan Bahan :

##### Alat :

- a) Alat multi tester (tensile, flexural, fatigue) digital
- b) Alat ukur ketebalan Micrometer

**Bahan :** Polipropilena dan WPC berbentuk *dogbone*



**Gambar 3.2.** Sampel uji tarik

#### 3.6.3.2 Kondisi Operasi

Kelembaban :  $50 \pm 5\%$  humidity

Temperatur Pengujian : Temperatur kamar

### 3.6.3.3 Prosedur Pengujian

#### Persiapan alat :

- a) Pasang grip *Tension Load Cell* pada sisi bagian atas dan bawah (*Movable and Fix Cross Head*);
- b) Pasang *Support Span* pada sisi bagian bawah dan atur jaraknya 54 mm;
- c) Hidupkan Zwick/Roell Z005;
- d) Hidupkan PC pilih *file test Xpert II* kemudian masukkan *password*;
- e) Buka file open program tensile test II ASTM D638.Zp2;
- f) Pilih icon *Startpos* untuk menurunkan *Movable Cross Head* sehingga *Load Cell Hamper* atas mendekati *Fix Cross Head*.

#### Pengukuran :

- a) Ukur tebal dan lebar dari 5 specimen pada 3 titik yang berbeda. Input tebal dan lebar yang minimum pada komputer dengan ketelitian 0.01 mm;
- b) Tempatkan spesimen pada grip *Movable Cross Head* dan *Fix Cross Head*. Tekan tuas grip agar spesimen tercengkram dengan kuat;
- c) Klik Force 0 dan Start pada monitor komputer;
- d) Tunggu beberapa menit sampai terbaca elongasi, nilai kuat tarik pada titik luluh, dan modulus kekakuan;
- e) Catat pembacaan data kemudian *save* sesuai folder dan nama sampel;
- f) Catat suhu ruang pada saat pengukuran di *log book*.

### 3.6.4 Pengujian Fleksural

Pengujian fleksural bertujuan untuk mengetahui kekuatan tekuk atau fleksural dan menentukan nilai 1%secant Modulus dari material polimer dan WPC.

Standar Pengujian : ASTM D 790

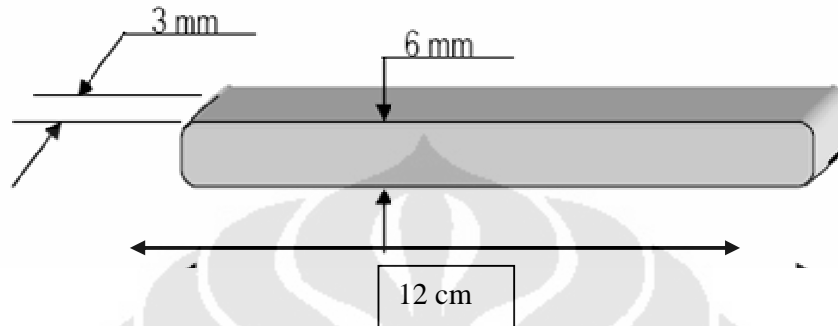
#### 3.6.4.1 Alat dan Bahan :

##### Alat :

- a) Zwick/Roell Z005 yang dilengkapi dengan Compression Load Cell & Support Span.

- b) Mikrometer dengan ketelitian  $\pm 0.01$  mm
- c) *Personal Computer* (PC)

**Bahan :** Slab Polipropilena dan slab WPC berbentuk balok tipis



**Gambar 3.3.** Sampel pengujian fleksural

#### 3.6.4.2 Kondisi Operasi

<i>Speed Flexural Modulus</i>	: 1.3 mm/min
<i>Test Speed</i>	: 1.3 mm/min
<i>Force Shutdown Threshold</i>	: 80% F max
<i>Max. Deformation</i>	: 12 mm
Kelembaban	: 50 $\pm$ 5% humidity
Temperatur Pengujian :	Temperatur kamar

#### 3.6.4.3 Prosedur Pengujian

##### Persiapan alat :

- a) Pasang *Compression Load Cell* pada sisi bagian atas (*Movable Cross Head*);
- b) Pasang *Support Span* pada sisi bagian bawah dan atur jaraknya 60 mm;
- c) Hidupkan Zwick/Roell Z005;
- d) Hidupkan PC pilih *file test Xpert II* kemudian masukkan *password*;
- e) Buka *file open program flexure test II ASTM D790.Zp2*;
- f) Pilih icon *Startpos* untuk menurunkan *Movable Cross Head* sehingga *Load Cell Hamper* mendekati *Support Span* pada jarak *tool separation* 4mm;
- g) Pastikan posisi *Absolute Cross Head Travel* pada alat Zwick/Roell dan pada monitor di PC sama yaitu 298.000mm;

**Pengukuran :**

- a) Ukur tebal dan lebar dari 5 specimen pada 3 titik yang berbeda. Input tebal dan lebar yang minimum pada komputer dengan ketelitian 0.01 mm;
- b) Tempatkan specimen pada *support span* sedemikian rupa sehingga penekanan *Load Cell* tepat di tengah *specimen*.
- c) Klik *Force 0* dan *Start* pada monitor komputer;
- d) Tunggu beberapa menit sampai terbaca *Secant Modulus* dan *Flexure Modulus*;
- e) Catat pembacaan *Secant Modulus* kemudian *save* sesuai folder dan nama *sample*;
- f) Catat suhu ruang pada saat pengukuran di *log book*.

**3.6.5 Pengujian Izod Impact Strength**

Pengujian izod impact strength bertujuan untuk mengetahui kekuatan impak dari material polimer.

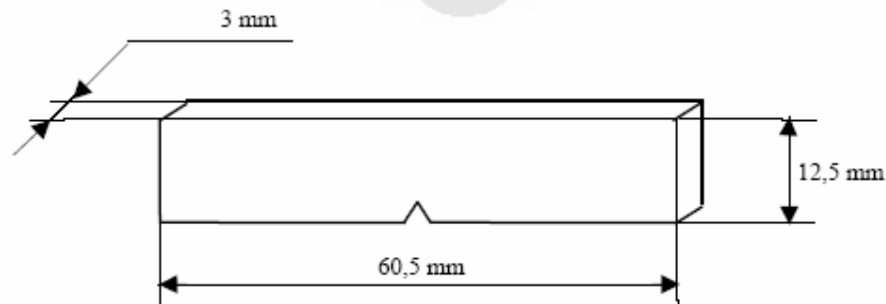
Standar Pengujian : ASTM D 256.

**3.6.5.1 Alat dan Bahan**

**Alat :**

- a) *Izod Impact Tester*
- b) *Motorized Notching Machine Ceast*
- c) *Tile cutter*
- d) Mikrometer dengan range  $0.5 \pm 0.001$  inchi

**Bahan :** Spesimen dengan takik di tengah dengan kedalaman takik 2.5 mm



**Gambar 3.4.** Sampel pengujian impak

### 3.6.5.2 Kondisi Operasi

Temperatur Pengujian: Temperatur kamar

Kelembaban :  $50 \pm 5\%$  *humidity*

Temperatur Sampel : Temperatur Kamar

### 3.6.5.3 Prosedur Pengujian

#### A. Kalibrasi

- a) Perhatikan apakah *hammer* bebas dan berada pada posisi vertikal. Pada kondisi ini perhatikan bahwa lampu *hammer vert pos* nyala;
- b) Tekan tombol *calibration*;
  - a. Setelah perintah ini, kata *hammer length* dan angkanya muncul di layar;
- c) Pilih *hammer length* dengan menggunakan tombol *increase/ decrease* dan konfirmasikan dengan menekan *enter*;
- d) Setelah menekan *enter* perintah *move to 6 deg* akan muncul di layar;
- e) Pindahkan *hammer* dengan lambat berlawanan arah jarum jam sampai muncul instruksi *release hammer*;
- f) Setelah *hammer* dipasang tekan start count, perhitungan dimulai secara otomatis saat osilasi dari *hammer* mencapai amplitudo kurang dari 5 derajat dari sumbu vertikal. Kondisi ini diperlihatkan dengan berkedipnya lampu *blue* dan *green*;
- g) Pengukuran berhenti secara otomatis saat angka yang terprogram pada osilasi tercapai;
- h) Jika perlu tekan *print calib* untuk mengirim hasil ke *printer*;
- i) Pada akhir cek kalibrasi tekan *calib* untuk kembali ke *ready*.

#### B. Koreksi *windage* dan friksi

- a) Tempatkan *hammer* pada posisi vertical dan perhatikan apakah lampu *hammer vert pos* menyala;
- b) Pindahkan *hammer* ke posisi 150 derajat atau ke tombol dan *release*;
- c) Lepaskan *hammer* dengan menekan tombol di atas;
- d) Setelah berayun maka *energy loss* akan muncul di layar. Hentikan *hammer* dengan tangan & biarkan pada posisi vertikal. Tekan F1 untuk menyimpan nilai *energy loss* di memory. Maka layar akan menjadi ready nol.

### **Prosedur Pengujian :**

- a) Specimen ditakik (*notch*) dengan mesin penakik, lalu tandai bagian sisi yang lebih panjang dengan menggunakan spidol dan kemudian kondisikan lagi selama 24 jam;
- b) Specimen diletakkan pada tempat sampel (*vise*) dengan tanda mengarah keatas, geser *blade* sedemikian rupa sehingga takikan berada pada garis horizontal;
- c) Kencangkan sample ketika blade masih pada takikan dengan cara memutar *clamp*, kemudian *blade* dikembalikan ke posisi semula;
- d) Tekan tombol *hammer* kemudian tunggu hingga *hammer* berayun dan mematahkan specimen;
- e) Raih kembali pendulum (*hammer*) dan letakkan pada posisi semula;
- f) Pada akhir pengujian, energi yang diserap sampel akan muncul di layar;
- g) Tombol F2 ditekan untuk melihat nilai dari *impact strength*;
- h) Tombol *print result* ditekan untuk mengirim data ke *printer*;
- i) *Vise* dibuka dengan memutar *clamp*. Potongan sampel yang tertinggal akan jatuh dari alat.

*Catatan : jika energi yang terukur di bawah 20% atau lebih dari 80% dari kapasitas hammer dengan yang lebih ringan atau yang lebih berat.*

### **3.6.6 Pengujian Kekerasan**

Pengujian kekerasan bertujuan untuk menentukan nilai kekerasan dari material polimer dan material WPC

Standar pengujian : ASTM D785

#### **3.6.6.1 Alat dan Bahan**

**Alat** : *Hardness Rockwell Tester (R scale)*

**Bahan** : Sampel WPC dan Polipropilena berbentuk *plaque* bulat hasil *Injection Molding*

#### **3.6.6.2 Kondisi Operasi**

Kelembaban :  $50 \pm 5\%$  *humidity*



Temperatur Pengujian : Temperatur kamar

### **3.6.6.3 Prosedur Pengujian**

- a) Aktifkan alat uji kekerasan Rockwell tipe R;
- b) Pasang sampel plaque bulat (tebal 3.5 mm) pada tempat dudukan sampel;
- c) Putar dan turunkan indenter hingga lampu indikasi READY menyala;
- d) Tunggu hasil pengukuran, catat hasilnya, lalu ulangi untuk mendapatkan 6 data untuk setiap formula;
- e) Ulangi pengujian untuk formula yang berbeda.

