

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**SIFAT TERMAL DAN KECEPATAN ALIRAN LELEHAN**  
**GRANULA KOMPOSIT POLIPROPILENA BERPENGUAT**  
**SERAT RAMI PENDEK**

Diajukan sebagai salah satu penyelesaian akademik  
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta



**OLEH :**

**WIEKE SUSILAWATI (1514028)**

**YENI FITRIANINGSIH (1514029)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER**  
**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.**

**2018**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**SIFAT TERMAL DAN KECEPATAN ALIRAN LELEHAN**  
**GRANULA KOMPOSIT POLIPROPILENA BERPENGUAT**  
**SERAT RAMI PENDEK**



**OLEH :**

**WIEKE SUSILAWATI (1514028)**

**YENI FITRIANINGSIH (1514029)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER**  
**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.**

**2018**

# LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.**  
**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

JUDUL PENELITIAN:

SIFAT TERMAL DAN KECEPATAN ALIRAN LELEHAN GRANULA  
KOMPOSIT POLIPROPILENA BERPENGUAT SERAT RAMI PENDEK

DISUSUN OLEH :

NAMA : YENI FITRIANINGSIH

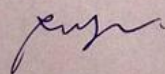
NIM : 1514029

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Jakarta, 05- Juli-2018

Menyetujui,

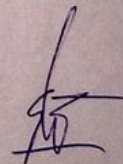
Ketua Program Studi  
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA

NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



Dr. Erfina Oktariani, S.T, M.T

NIP. 198210012014022001

# LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**POLITEKNIK STMI JAKARTA  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.**

## **LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

JUDUL PENELITIAN:

SIFAT TERMAL DAN KECEPATAN ALIRAN LELEHAN GRANULA  
KOMPOSIT POLIPROPILENA BERPENGUAT SERAT RAMI PENDEK

DISUSUN OLEH :

NAMA : WIEKE SUSILAWATI

NIM : 1514028

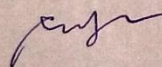
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Jakarta, 05 Juli 2018

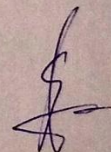
Menyetujui,

Ketua Program Studi  
Teknik Kimia Polimer

Dosen Pembimbing



Ir. Roosmariharso, MBA  
NIP. 195405231980031004



Dr. Erfina Oktariani, S.T, M.T  
NIP. 198210012014022001

# LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING



## POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510  
Telp: ( 021 ) 42886064 Fax: ( 021 ) 42888206  
www.stmi.ac.id



Nomor : 014 /SJ-IND.7.2/V/2018  
Lampiran : 1 (satu)  
Perihal : **Penugasan Proses  
Bimbingan Tugas Akhir  
Tahun Akademik 2017/2018**

Jakarta, 11 Mei 2018

Kepada  
Yth. Ibu **DR. Erfina Oktariani, S.T., M. T**  
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/SJ-IND 7.2/KEP/01 /2018 tanggal 03 Januari 2018 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2017/2018, maka dengan ini kami berharap bantuan Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : **Yeni Fitrianiingsih**  
No. Induk : **1514029**

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Sifat Termal Granular Komposit Polipropilena Berpenguat Serat Rami Pendek . "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Ibu kami ucapkan terima kasih.

Direktur,



**Dr. Mustofa, ST, MT**

10700924 200312 1 001

Tembusan:

1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peringgal

## LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING



Nomor : 013 /SJ-IND.7.2/2018  
Lampiran : 1 (satu)  
Perihal : Penugasan Proses  
Bimbingan Tugas Akhir  
Tahun Akademik 2017/2018

Jakarta, 11 Mei 2018

Kepada  
Yth. Ibu DR. Erfina Oktariani, S.T., M. T  
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/SJ-IND 7.2/KEP/01 /2018 tanggal 03 Januari 2018 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2017/2018, maka dengan ini kami mengharap bantuan Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : **Wieke Susilawati**  
No. Induk : **1514028**

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Sifat Termal Granular Komposit Polipropilena Berpenguat Serat Rami Pendek . "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Ibu kami ucapkan terima kasih.

Direktur,



**Dr. Mustofa, ST, MT**  
NIP. 19700824 200312 1 001

Tembusan:

1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Pertinggal

# LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

## LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Wieke Susilawati 1514028

Yeni Fitrianiingsih 1514029

Judul TA Penelitian : Sifat Termal dan Kecepatan Aliran Lelehan Granula  
Komposit Polipropilena Berpenguat Serat Rami  
Pendek

Dosen Pembimbing : Dr. Erfina Oktariani, S.T, M.T

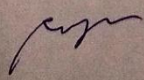
Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
28-07-2017	BAB II	- Diskusi jurnal / literatur	A
11-07-2017	BAB II	- Diskusi jurnal / literatur	A
18-09-2017	BAB I - BAB II	- Diskusi jurnal / literatur	A
	BAB II	- Diskusi judul	A
29-09-2017	BAB II	- Diskusi jurnal / literatur	A
10-10-2017	BAB II	- Diskusi jurnal / literatur	A
20-10-2017	BAB II	- Diskusi jurnal / literatur	A
	BAB I - BAB II	- Diskusi judul	A
17-11-2017	BAB II	- Diskusi jurnal / literatur	A
13-12-2017	BAB II - III	- Diskusi jurnal, Persiapan bahan, mencari literatur tentang bahan yg akan digunakan	A
15-12-2017	BAB III	- Pemotongan serat rami - Diskusi tentang bahan-bahan - menimbang serat yang telah dipotong	A
18-12-2017	BAB II	- Diskusi jurnal / literatur	A
27-12-2017	BAB II	- Diskusi jurnal / literatur	A
09-01-2018	BAB II	- Diskusi jurnal / literatur	A
11-01-2018	BAB II	- Diskusi judul	A
15-01-2018	BAB III	- Diskusi metode untuk penelitian	A
28-01-2018	BAB III	- Diskusi judul	A
		- memotong serat - Persiapan bahan	A
30-01-2018		- Diskusi untuk tempat pembuatan komposit	A
01-02-2018		- Diskusi tempat untuk membuat komposit	A
07-02-2018		- Diskusi bahan - Diskusi judul	A

# LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR PENELITIAN


## LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
09-02-2018	BAB I	- Diskusi judul	A
14-02-2018		- mencari bahan (MAPP)	
15-02-2018		- Diskusi tempat pembuatan komposit	
23-02-2018		- Diskusi judul & jurnal	
08-03-2018		- Diskusi komposisi bahan	
16-03-2018		- melengkapi semua bahan	
21-04-2018		- ACC judul	
02-05-2018		- Pembuatan komposit	
04-05-2018		- Pembuatan komposit	
07-05-2018		- Diskusi hasil pembuatan komposit dan diskusi untuk pengujian	
02-05-2018	BAB I - BAB II	- Pengujian DSC &	A
09-05-2018		- Revisi Laporan BAB I - BAB II	
11-05-2018	BAB I - BAB III	- pengujian MFI	A
17-05-2018		- Revisi Laporan BAB I - BAB III	
18-05-2018	BAB I - BAB IV	- Revisi Laporan BAB I - BAB IV	A
24-05-2018		- pengujian DSC dan MFI untuk pp matri	
30-05-2018	BAB I - BAB IV	- Revisi laporan BAB I - BAB IV	A
31-05-2018		- Revisi Laporan BAB I - Lampiran (Laporan lengkap) PPT	

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Teknik Kimia Polimer

  
Ir. Roosmarharso, MBA  
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing

  
Dr. Erfina Oktariani, S.T.M.T  
NIP. 198210012014022001

# LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya Mahasiswa Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI :

Nama : Yeni Fitriainingsih

NIM : 1514029

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang saya buat dengan judul “Sifat Termal dan Kecepatan Aliran Lelehan Granula Komposit Polipropilena Berpenguat Serat Rami Pendek”, maka:

- dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir ini.
- bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu yang digunakan sebagai referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah dinyatakan seperti yang tertulis di atas, maka karya tulis Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, Mei 2018



Yeni Fitriainingsih

# LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya Mahasiswa Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI :

Nama : Wieke Susilawati

NIM : 1514028

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang saya buat dengan judul “Sifat Termal dan Kecepatan Aliran Lelehan Granula Komposit Polipropilena Berpenguat Serat Rami Pendek”, maka:

- dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir ini.
- bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu yang digunakan sebagai referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah dinyatakan seperti yang tertulis di atas, maka karya tulis Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, Mei 2018



Wieke Susilawati

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir kami yang berjudul “Sifat Termal dan Kecepatan Aliran Lelehan Granula Komposit Polipropilena Berpenguat Serat Rami Pendek” ini dapat terselesaikan dengan baik. Penyusunan laporan tugas akhir ini bertujuan guna memenuhi salah satu persyaratan kelulusan dari jurusan Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.

Pada kesempatan ini, kami ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya atas bimbingan, bantuan, dukungan, dan dorongan semangat yang diberikan hingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini. Dengan selesainya laporan ini, penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Orang tua dan keluarga atas doa, cinta, nasehat, dan dorongan semangat secara material maupun spiritual.
2. Dr. Mustofa, S.T, M.T., selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian R.I.
3. Ir. Roosmariharso, MBA., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer (TKP) Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian R.I.
4. Fitria Ika Aryanti, S.T, M.Eng., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta, Kementrian Perindustrian R.I.
5. Dr. Erfina Oktariani, S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia Polimer (TKP) Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian R.I.
6. Syaiful Ahsan, S.T, M.T., selaku Kepala Laboratorium Teknik Kimia Polimer dan Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta yang telah mengizinkan untuk melakukan pengujian diLaboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta.

7. Ida Nur Apriani, S.ST, M.Si., selaku Laboran yang membantu pengoperasian alat saat pengujian sampel.
8. Teman-teman Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta angkatan 2014 selaku kawan seperjuangan.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah memberi dukungan dan bantuan atas Tugas Akhir ini.

Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dalam mengkaji kaidah ilmu pengetahuan Teknik Kimia Polimer (TKP). Penyusun menyadari keterbatasan dan kemampuan dalam menyusun laporan ini. Oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun sehingga berguna bagi penyusun untuk menyempurnakan laporan tugas akhir ini.

Jakarta, Mei 2018

Penyusun

## ABSTRAK

Industri otomotif memiliki peran dalam aktivitas perekonomian yang bernilai tinggi. Hal ini dikarenakan meningkatnya jumlah volume penggunaan produk hasil industri otomotif dan berdampak pada lingkungan, yaitu meningkatnya emisi gas CO<sub>2</sub>. Namun isu lingkungan yang terkait mendorong produsen otomotif untuk mengembangkan kendaraan ringan, hemat bahan bakar serta dapat didaur ulang dengan menggunakan material komposit. Perkembangan komposit akhir-akhir ini mengarah pada bahan yang dapat digunakan kembali (*recycleability*) dan dapat diperbaharui (*renewability*) dengan menggunakan bahan termoplastik (polimer) sebagai matriks dan serat alam sebagai penguat. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh keberadaan *talca* dan persentase massa serat rami pendek serta mengetahui komposisi PP berpenguat serat rami pendek dengan sifat termal (entalpi, titik leleh, kristalinitas) dan kecepatan aliran lelehan yang baik. Pada penelitian ini dilakukan dengan ada dan tidaknya *talca* serta penambahan presentase massa serat rami pendek yaitu 10%, 15%, 20%. Metode pembuatan komposit PP berpenguat serat rami pendek yaitu pencampuran di alat *kneader & mixer* dan dilakukan pencacahan dengan menggunakan *crusher*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan keberadaan *talca* dan persentase massa serat rami pendek pada material komposit dapat meningkatkan kestabilan panas yang ditinjau dari nilai titik leleh, entalpi, kristalinitas, dan MFR yang dihasilkan. Pada penelitian ini didapatkan komposisi terbaik yaitu 10% (wt) serat rami + *talca*, karena memiliki titik leleh, entalpi, kristalinitas dan nilai MFR yang tinggi.

**Kata kunci:** Komposit, Serat Rami Pendek, Polipropilena, Sifat Termal, Kecepatan Aliran Lelehan.

## DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMIMBING .....	iii
LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING .....	v
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR PENELITIAN .....	vii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN .....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
ABSTRAK .....	xiii
DAFTAR ISI .....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Sistematik Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Komposit Polimer .....	7
2.2 Penyusun Komposit Polimer.....	8
2.2.1 Matriks .....	8
2.2.1 Penguat ( <i>Reinforcement</i> ) .....	9
2.2.3 Pengisi ( <i>Filler</i> ) .....	11
2.3 Polipropilena (PP) .....	11
2.3.1 Struktur Polipropilena .....	12
2.3.2 Jenis Polipropilena .....	14
2.4 Serat.....	16
2.4.1 Serat Sintesis .....	16

2.4.2 Serat Alam.....	16
2.5 Serat Rami.....	18
2.5.1 Komposisi Serat Rami .....	20
2.5.2 Karakteristik Serat Rami .....	21
2.5.3 Tantangan Penggunaan Serat Rami Sebagai Penguat Komposit Polimer .....	21
2.6 <i>Talc</i> Sebagai Bahan Pengisi ( <i>Filler</i> ) .....	23
2.7 PP-g-MA sebagai Kompatibiliser ( <i>Compatibilizer</i> ) .....	24
2.8 Irganox 1010 sebagai Antioksidan.....	24
2.9 Aplikasi Material Komposit Polimer .....	25
2.10 Sifat Termal.....	26
2.10.1 Titik Leleh.....	26
2.10.2 Entalpi .....	26
2.10.3 Kristalinitas .....	27
2.11 Kecepatan Aliran Lelehan ( <i>Melt Flow Rate/MFR</i> ).....	28
2.12 Pengujian Sifat Termal dengan <i>Differential Scanning Calorimeter</i> (DSC) dan Kecepatan Aliran Lelehan (MFR) dengan <i>Melt Flow</i> <i>Indexer</i> (MFI) .....	28
2.12.1 <i>Differential Scanning Calorimeter</i> (DSC).....	29
2.12.2 <i>Melt Flow Indexer</i> (MFI).....	30
2.13 Sejarah Penelitian Analisis Sifat Termal Komposit PP/Serat Alam ....	32

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	35
3.2 Alat dan Bahan.....	35
3.2.1 Alat.....	35
3.2.2 Bahan .....	36
3.3 Variabel.....	36
3.3.1 Variabel Tetap.....	36
3.3.2 Variabel Berubah .....	37
3.4 Prosedur Penelitian.....	37
3.4.1 Persiapan Serat Rami Pendek.....	39

3.4.2 Persiapan Bahan Pembuatan Komposit PP Berpenguat Serat	
Rami Pendek .....	40
3.4.3 Pembuatan Komposit PP Berpenguat Serat Rami Pendek.....	40
3.4.4 Tahap Pengujian dan Karakterisasi .....	42
3.5 Metode Pengujian dan Karakterisasi.....	43
3.5.1 <i>Differential Scanning Calorimeter</i> (DSC) .....	43
3.5.2 <i>Melt Flow Indexer</i> (MFI) .....	43
3.5.3 Kristalinitas .....	44

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Pengaruh Ada dan Tidaknya <i>Talc</i> dan Persentase Variasi Massa Serat Rami Pendek Komposit PP Berpenguat Serat Rami Pendek Terhadap Sifat Termal ( $\Delta H$ , $T_m$ , Kristalinitas) dan MFR .....	45
4.1.1 Pengujian Titik Leleh, Entalpi, dan Kristalinitas .....	45
4.1.2 Pengujian <i>Melt Flow Rate</i> .....	51
4.2 Komposisi Komposit PP Berpenguat Serat Rami Pendek dengan Sifat Termal ( $\Delta H$ , $T_m$ , Kristalinitas) dan MFR yang Baik .....	53
4.2.1 Pengujian Titik Leleh, Entalpi, dan Kristalinitas .....	53
4.2.2 Pengujian <i>Melt Flow Rate</i> .....	53

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	55
5.2 Saran.....	56

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN A ALAT DAN BAHAN**

#### **LAMPIRAN B PROSES PENELITIAN**

#### **LAMPIRAN C HASIL UJI KECEPATAN ALIRAN LELEHAN**

#### **LAMPIRAN D PERHITUNGAN KRISTALINITASI**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b>	Emisi Karbon Dioksida Global (CO <sub>2</sub> ) dari Bahan Bakar Fosil 1900-2008.....	1
<b>Gambar 2.1</b>	Klasifikasi Komposit Berdasarkan Penguat.....	10
<b>Gambar 2.2</b>	Struktur Kristal (Kiri) dan Struktur Amorf (Kanan).....	14
<b>Gambar 2.3</b>	Tanaman Rami (a), Kulit Kayu Batang Rami (b), dan Serat Rami (c) .....	19
<b>Gambar 2.4</b>	<i>Dynisco Melt Flow Indexer</i> .....	32
<b>Gambar 3.1</b>	Skema Diagram Sifat Termal Granula Komposit Polipropilena Berpenguat Serat Rami Pendek .....	38
<b>Gambar 4.1</b>	Hasil Pengujian Resin Homopolimer PP <i>Flake</i> .....	45
<b>Gambar 4.2</b>	Hasil Pengujian Komposit PP Berpenguat Serat Rami Pendek 10% dengan <i>Talc 0,8%</i> .....	46
<b>Gambar 4.3</b>	Hasil Pengujian Komposit PP Berpenguat Serat Rami Pendek 15 % dengan <i>Talc 0,8%</i> .....	46
<b>Gambar 4.4</b>	Hasil Pengujian Komposit PP Berpenguat Serat Rami Pendek 20% dengan <i>Talc 0,8%</i> .....	47
<b>Gambar 4.5</b>	Hasil Pengujian Komposit PP Berpenguat Serat Rami Pendek 10% Tanpa <i>Talc</i> .....	48
<b>Gambar 4.6</b>	Hasil Pengujian Komposit PP Berpenguat Serat Rami Pendek 15% Tanpa <i>Talc</i> .....	49
<b>Gambar 4.7</b>	Hasil Pengujian Komposit PP Berpenguat Serat Rami Pendek 20% Tanpa <i>Talc</i> .....	49

## DAFTAR TABEL

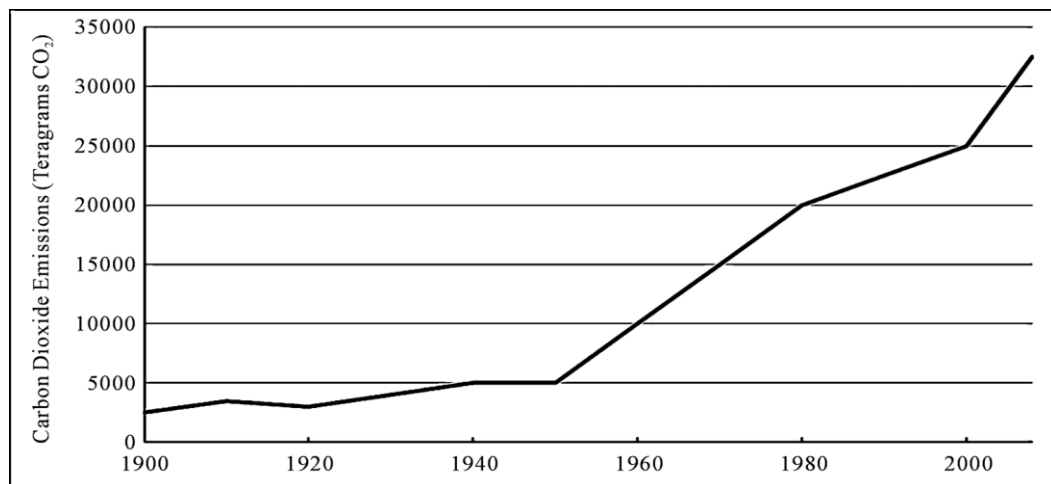
<b>Tabel 1.1</b>	Distribusi Material Kendaraan Standar .....	2
<b>Tabel 2.1</b>	Perbedaan Sifat Termal dan Sifat Mekanik Jenis PP .....	16
<b>Tabel 2.2</b>	Komposisi Unsur Kimia Serat Alam .....	17
<b>Tabel 2.3</b>	Sistematika Botani Tanaman Rami .....	18
<b>Tabel 2.4</b>	Kandungan Kimia Serat Rami.....	21
<b>Tabel 2.5</b>	Beberapa Karakteristik Fisika Serat Alam .....	21
<b>Tabel 3.1</b>	Variabel Variasi Komposit.....	37
<b>Tabel 3.2</b>	Spesifikasi <i>Kneader</i> PT Intera Lestari Polimer .....	41
<b>Tabel 4.1</b>	Hasil Pengujian Sifat Termal dengan Menggunakan DSC 214 Polyma .....	51
<b>Tabel 4.2</b>	Hasil Perhitungan Kristalinitas.....	51
<b>Tabel 4.3</b>	Hasil Pengujian MFR dengan Menggunakan LMI Dynisco 500 Series .....	53

# BABI

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri otomotif selalu memainkan peran penting untuk menghasilkan aktivitas ekonomi bernilai tinggi dan bervolume tinggi di hampir semua kawasan industri di dunia [1]. Isu lingkungan baru-baru ini terkait dengan perubahan iklim global dan emisi gas rumah kaca telah mendorong produsen otomotif untuk fokus pada pengembangan kendaraan ringan dan hemat bahan bakar [2]. 95% dari energi transportasi dunia berasal dari bahan bakar fosil [3]. Secara global, terjadi peningkatan emisi CO<sub>2</sub> yang sangat mengkhawatirkan telah diamati sejak tahun 1980-an seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 dan perlunya membatasi transportasi terkait emisi untuk memenuhi kewajiban pengendalian lingkungan internasional.



**Gambar 1.1** Emisi Karbon Dioksida Global (CO<sub>2</sub>) dari Bahan Bakar Fosil 1900-2008.

Sumber : Boden.T.A., Marland,G, 2010.

Menurut *National Institute of Standard and Technology* (NIST) secara tradisional mobil terbuat dari berbagai bahan mulai dari kaca dan logam hingga komposit plastik yang ditunjukkan pada Tabel 1.1 :

**Tabel 1.1** Distribusi Material Kendaraan Standar

No.	Material Kendaraan	Persentase(%)
1	Baja	56
2	Besi	6
3	Karet	5
4	Plastik/Komposit	10
5	Aluminium	9
6	Lain-Lain	14

Sumber : NIST, 2014.

Perkembangan penggunaan material komposit saat ini semakin berkembang dalam berbagai aplikasinya dengan meningkatnya penggunaan bahan maupun dalam hal perkembangan teknologi. Saat ini komposit mengarah pada bahan yang dapat digunakan kembali (*recycleability*) dan dapat diperbaharui (*renewability*) dengan menggunakan bahan termoplastik (polimer) sebagai matriks dan serat alam sebagai penguat [5]. Dalam pemanfaatannya, komposit polimer berpenguat serat alam sering dimanfaatkan dalam aplikasi otomotif untuk aplikasi interior [6].

Saat ini, di dunia otomotif pemanfaatan komposit polimer berpenguat serat masih didominasi oleh serat gelas [7]. Namun secara perlahan pemanfaatan komposit polimer berpenguat serat gelas mulai digantikan oleh komposit polimer berpenguat serat alam karena serat alam memiliki sifat mekanik yang cukup baik, murah, ringan serta ramah lingkungan [8,9]. Potensi dan pemanfaatan serat rami di Indonesia dapat untuk dijadikan bahan penguat komposit karena dapat diperbaharui (*renewability*), sudah banyak dibudidayakan, dan harganya relatif murah. Untuk matriks dapat digunakan polipropilena (PP) yang mempunyai sifat dapat digunakan kembali (*recycleability*), sudah banyak di pasaran dan dimanfaatkan untuk barang plastik dan umum digunakan di industri otomotif [5].

Namun penggunaan serat alam sendiri memiliki kekurangan yaitu bersifat polar (hidrofilik). Jika digabungkan ke dalam polimer seperti PP yang mempunyai sifat non polar (hidrofobik), kedua sifat ini menyulitkan dalam

penggabungan sehingga menghasilkan komposit dengan kinerja yang lemah, untuk itu diperlukan modifikasi pada PP dan serat rami dengan penggunaan kompatibiliser (*compatibilizer*). Salah satu jenis kompatibiliser (*compatibilizer*) yang sering digunakan adalah *Polypropilene Maleat Anhydrid Grafted* (PPgMA) [10].

Dalam pembuatan komposit PP dengan serat alam sebagai penguat dimana prosesnya menggunakan panas, maka suhu pencampuran (*blending*) menjadi sangat penting. Selain itu penelitian tentang analisis termal sangat diperlukan guna untuk menentukan pengaruh perlakuan serat pada kestabilan panas yang dialami serat dan juga untuk mengamati proses degradasi selama produksi komposit [11].

Oleh karena itu beberapa tahun belakangan ini mulai banyak penelitian mengenai material komposit bermatriks polimer dengan penguat serat alam. Penelitian yang dilakukan oleh Wang Lu-Ling, dkk pada tahun 2003 mengenai pengaruh penambahan serat rami pada komposit PP dengan kandungan 0%, 10%, 15%, dan 20% dari berat serat rami. Serat rami yang melalui perlakuan 5% NaOH dengan panjang serat rami 3-5 mm. Hasilnya peningkatan panjang serat dan jumlah penambahan serat dapat meningkatkan sifat mekanik komposit PP yang diperkuat serat rami mengalami peningkatan pada kekuatan tarik, kekuatan lentur, kekuatan kompresi, tetapi mengalami penurunan terhadap kekuatan *impact* [12].

Penelitian yang dilakukan oleh P.V. Joseph, dkk pada tahun 2003 membahas tentang sifat termal dan kristalinitas dari komposit PP – serat sisal pendek hasilnya menunjukkan bahwa serat sisal pendek terdegradasi dahulu sebelum matriks PP, dan dengan menggunakan modifikasi kimia yaitu dengan penambahan kompatibiliser dapat meningkatkan adhesi antarmuka antara serat dan matriks. Pada pengujian DSC komposit ini memperlihatkan kenaikan dalam kristalinitas dan suhu kristalinitasnya [13].

Saat ini, kami telah melakukan penelitian dengan judul “Sifat Termal dan Kecepatan Aliran Lelehan Granula Komposit Polipropilena Berpenguat Serat Rami Pendek”. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat termal (entalpi ( $\Delta H$ ), titik leleh ( $T_m$ ), kristalinitas ( $X_c$ )) dan menganalisis kecepatan aliran

lelehan (*Melt Flow Rate/MFR*) pada pembuatan komposit PP berpenguat serat rami pendek dengan menggunakan *Differential Scanning Calorimeter* (DSC), dan *Melt Flow Indexer* (MFI).

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. bagaimana pengaruh keberadaan *talca* dan persentase massa serat rami pendek komposit PP berpenguat serat rami pendek terhadap sifat termal ( $\Delta H$ ,  $T_m$ , dan  $X_c$ ) dan kecepatan aliran lelehan ?
2. bagaimana mendapatkan komposisi PP berpenguat serat rami pendek dengan sifat termal ( $\Delta H$ ,  $T_m$ , dan  $X_c$ ) dan kecepatan aliran lelehan yang baik?

### 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. serat rami yang diperoleh dari toko “jualbijibijian” di Yogyakarta, Jawa Tengah.
2. pembuatan komposit PP berpenguat serat rami pendek dilakukan dengan 6 variasi komposisi.
3. komposisi *talca* yaitu 0,8%.
4. ukuran serat rami pendek  $\pm 5$  mm.
5. metode pencampuran PP, aditif, dan serat rami pendek menggunakan mesin *kneader*.
6. pengujian sifat termal ( $\Delta H$ ,  $T_m$ , dan  $X_c$ ) dengan alat DSC 214 Polyma dan pengujian kecepatan aliran lelehan dengan alat LMI Dynisco 5000 Series.
7. komposit PP berpenguat serat rami pendek dalam bentuk granula.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dalam penelitian ini, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. mengetahui pengaruh keberadaan *talc* dan persentase massa serat rami pendek komposit PP berpenguat serat rami pendek terhadap sifat termal ( $\Delta H$ ,  $T_m$ , dan  $X_c$ ) dan kecepatan aliran lelehan.
2. mendapatkan komposisi PP berpenguat serat rami pendek dengan sifat termal ( $\Delta H$ ,  $T_m$ , dan  $X_c$ ) dan kecepatan aliran lelehan yang baik.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh pada penelitian ini yaitu memberikan informasi terbaik dalam pembuatan komposit PP berpenguat serat ramipendek dan menjadi informasi tambahan dalam sifat termal ( $\Delta H$ ,  $T_m$ , dan  $X_c$ ) dan kecepatan aliran lelehan (*melt flow rate/ MFR*) pada komposit PP berpenguat serat rami pendek dengan keberadaan *talc* dan persentase massa serat rami pendek.

### **1.6 Sistematis Penelitian**

Bagian ini merupakan gambaran secara keseluruhan. Didalamnya terdapat lima bab yang masing-masing berkaitan erat. Adapun susunan ke lima bab tersebut, yaitu sebagai berikut:

#### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang diadakannya penelitian, rumusan masalah yang akan dibahas, batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan, tujuan dan manfaat dari dilakukannya penelitian ini, serta penjelasan mengenai sistematika penulisan laporan penelitian.

#### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tinjauan umum mengenai bahan, metode, dan pengujian untuk komposit PP berpenguat serat rami pendek.

#### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi penjelasan tentang persiapan penelitian, diagram alir penelitian, variabel penelitian, prosedur penelitian, serta alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini.

#### **BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi data hasil pengujian, analisis data yang sudah diolah menjadi grafik, dan pembahasan terhadap hasil pengujian.

**BAB V : PENUTUP**

Bab ini berisi dua bagian, kesimpulan dan saran yang telah dilakukan berdasarkan hasil yang telah didapat pada bab sebelumnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Komposit Polimer

Komposit merupakan suatu material produk yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya dengan campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Material komposit yang dihasilkan mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya, sehingga kita dapat merencanakan kekuatan material komposit dengan cara mengatur komposisi material pembentuknya [14]. Susunan utama pada material komposit polimer terdiri dari dua jenis yaitu penguat (*reinforcement*) dan matriks (polimer). Penguat merupakan suatu material penyusun komposit yang berperan sebagai penanggung beban utama pada komposit yang dihasilkan, sedangkan matriks merupakan rangka pengikat pada komponen komposit [15].

Komposit yang merupakan salah satu jenis material di dalam dunia teknik yang dibuat dengan penggabungan dua/lebih macam bahan yang mempunyai sifat berbeda untuk menghasilkan bahan baru dengan sifat berbeda. Material komposit memiliki sifat dasar yang terletak pada kekuatan antara ikatan matriks dengan penguatnya. Ikatan matriks dan penguat inilah yang akan menjadi media pendistribusian beban sehingga adanya tegangan yang terjadi pada permukaan komposit [14]. Ada tiga faktor yang menentukan sifat-sifat dari material komposit, yaitu:

a. Material pembentuk

Material pembentuk memegang peran penting terhadap pengaruh sifat kompositnya yaitu sifat-sifat intrinsik dari material tersebut.

b. Susunan struktural komponen,

Susunan struktural komponen yaitu bentuk serta orientasi dan ukuran tiap-tiap komponen penyusun struktur dan distribusinya. Susunan struktural komponen merupakan faktor penting yang memberi kontribusi dalam penampilan komposit

secara keseluruhan.

c. Interaksi antar komponen

Interaksi antar komponen dapat terjadi karena komposit merupakan campuran atau kombinasi komponen-komponen yang berbeda baik dalam hal bahannya maupun bentuknya, maka sifat kombinasi yang diperoleh pasti akan berbeda.

Kelebihan dari material komposit yaitu memiliki bobot yang lebih ringan, kekuatan dan kekakuannya tinggi, tahan terhadap korosi, tahan lama [16]. Sedangkan kekurangan dari material komposit yaitu biaya bahan baku cukup tinggi dan lebih sulit diperbaiki dibandingkan dengan material logam [17]. Pada material komposit sifat unsur pendukungnya masih terlihat, sedangkan pada *alloy* bahan pendukungnya sudah tidak terlihat.

## 2.2 Penyusun Komposit Polimer

Komposit memiliki 3 penyusun utama yaitu matriks, penguat dan pengisi, yang ketiganya diuraikan sebagai berikut:

### 2.2.1 Matriks

Matriks secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit dengan bantuan bahan penunjang yaitu *coupling agent* [14]. Matriks adalah fase dalam komposit yang mempunyai bagian volume terbesar (dominan). Matriks berfungsi sebagai pengikat bahan pengisi dengan tidak terjadi ikatan secara kimia, meneruskan beban ke serat sehingga ketahanan bahan komposit bertambah. Beberapa karakteristik yang setidaknya dimiliki oleh matriks yaitu [18] :

- a. tidak beracun
- b. sebagai bahan pengisi yang baik
- c. harganya murah
- d. dapat mengontrol kadar air dari serat alam.

Matriks dalam material komposit mempunyai kegunaan sebagai berikut [19]:

1. matriks memegang dan mempertahankan serat pada posisinya
2. pada saat pembebanan, mengubah bentuk dan mendistribusikan tegangan ke unsur utamanya yaitu serat.

Matriks yang digunakan dalam pembuatan komposit dapat dikategorikan yaitu keramik, metal, dan polimer. Keramik dapat berupa karbon dan silikon karbida, sedangkan metal dapat berupa aluminium dan titanium. Untuk polimer dapat dibedakan menjadi 2 yaitu:

#### 1. Polimer Termoplastik

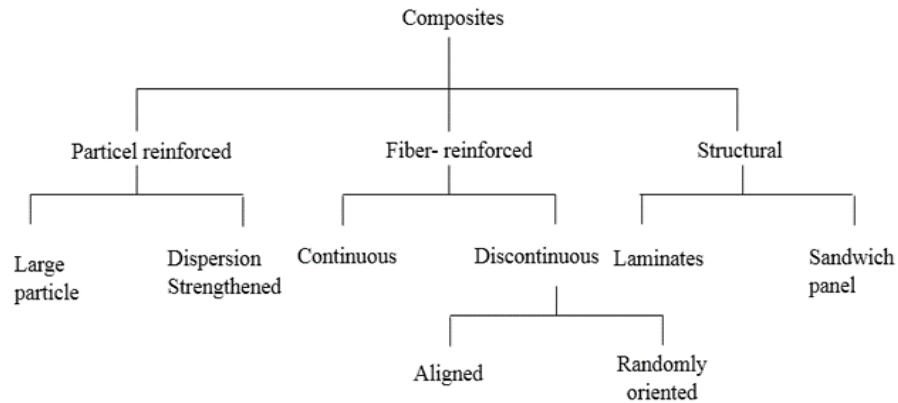
Polimer termoplastik merupakan polimer yang apabila dipanaskan mudah melunak (meleleh) dan jika didinginkan akan mudah mengeras, sehingga dapat didaur ulang kembali. Polimer termoplastik pada temperatur ruang berupa padatan, tetapi pada temperatur yang cukup tinggi dapat menjadi cairan kental dan akan menjadi padatan jika temperatur ruang tercapai kembali, sehingga karakteristik ini yang menyebabkan polimer termoplastik mudah difabrikasi ke berbagai bentuk, dan dapat diproses dalam suhu tinggi yaitu sekitar 225°C. Contoh polimer termoplastik seperti polipropilena, polistirena, polietilena, nilon [20].

#### 2. Polimer Termoset

Polimer termoset merupakan polimer yang memiliki sifat tidak dapat menerima siklus pemanasan-pendinginan dengan baik pada batas suhu tertentu atau tidak sama halnya dengan polimer termoplastik. Ketika dipanaskan pada tahap awal, termoset akan melunak, tetapi pada suhu tinggi terjadi reaksi kimia yang mengeras material tersebut sampai menjadi padatan yang tidak mampu melebur kembali atau dapat dikatakan termoset mengeras dan tidak dapat meleleh, tetapi terdegradasi yang berarti mengalami kerusakan ikatan kovalen pada strukturnya. Contohnya polimer termoset seperti epoxy dan melamin [21].

### **2.2.2 Penguat (*Reinforcement*)**

Penguat (*reinforcement*) merupakan salah satu bahan utama komposit yang berfungsi sebagai penanggung beban utama dan kerangka untuk memberikan kekuatan pada material komposit [22]. Secara garis besar terdapat tiga macam jenis komposit berdasarkan penguat digambarkan pada gambar 2.1:



**Gambar 2.1 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Penguat**

Sumber : Callister, 2000.

a. Komposit berpenguat partikel

Komposit berpenguat partikel merupakan jenis komposit yang menggunakan partikel sebagai penguatnya. Partikel sebagai penguat dalam material komposit dapat berupa logam maupun non logam. Komposit berpenguat partikel memiliki ukuran yang tidak berbeda, bentuknya seperti serpihan atau serbuk [22].

b. Komposit berpenguat serat

Komposit berpenguat serat merupakan material komposit yang menggunakan serat sebagai bahan penguatnya. Serat yang digunakan dapat berupa serat sintesis (anorganik) dan serat alam (organik) [22]. Berdasarkan ukuran serat, komposit dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Komposit serat panjang (*continuous fibercomposite*)

Komposit serat panjang memiliki ciri yaitu lurus, berukuran panjang (>10mm), lurus, orientasinya teratur dan membentuk lamina diantara matriksnya. Lamina merupakan lapisan komposit dengan arah tertentu. Tipe serat ini mempunyai kelemahan pada pemisahan antara lapisan. Hal ini disebabkan karena kekuatan antara lapisan dipengaruhi oleh matriksnya [23,24].

2. Komposit serat pendek (*discontinuous fibercomposite*)

Komposit serat pendek memiliki ciri yaitu berukuran pendek (3-5 mm), orientasi serat teratur dan acak [24].

Menurut G.J. Dvorak pada tahun 1981 berdasarkan orientasi serat komposit dibagi menjadi 2 yaitu komposit serat acak dan komposit serat teratur (searah). Komposit serat pendek dengan orientasi acak lebih efisien dalam

menerima beban dan gaya dibandingkan serat pendek dengan orientasi searah. Komposit serat pendek jika dibandingkan dengan komposit serat panjang, memiliki kekuatan yang lebih besar, karena dapat diproduksi dengan cacat permukaan yang rendah, sehingga kekuatannya dapat mencapai kekuatan teoritisnya [25].

c. Komposit berpenguat struktur

Komposit berpenguat struktur terdiri dari sekurang-kurangnya dua material berbeda yang direkatkan bersama-sama. Proses pelapisan dilakukan dengan mengkombinasikan aspek terbaik dari masing-masing lapisan. Pada komposit ini terbagi menjadi 2 yaitu lamina dan *sandwich* panel [22].

### 2.2.3 Pengisi (*Filler*)

Menurut Ismail, 2000 bahan pengisi adalah bahan penyusun komposit yang digunakan dalam pembuatan material komposit. Berbagai jenis pengisi digunakan untuk memperbaiki dan meningkatkan sifat-sifat fisik bahan. Penambahan pengisi bertujuan untuk mengurangi biaya, mewarnai dan menguatkan bahan polimer. Secara umum, kemampuan penguat suatu pengisi dipengaruhi oleh tiga faktor utama yaitu ukuran, luas permukaan, bentuk dan struktur permukaan serta aktifitas dan sifat-sifat kimia permukaan.

Jumlah bahan pengisi yang digunakan pada material komposit memiliki pengaruh pada sifat yang diperoleh material komposit tersebut. Pengisi pada umumnya ada pada komposit polimer berupa partikel kecil berukuran panjang atau pendek, dapat juga berupa serat. Contoh dari bahan pengisi adalah kalsium karbonat, pasir silika, karbon hitam, serat kayu dan serat kaca [26].

### 2.3 Polipropilena (PP)

Polipropilena ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ ) adalah suatu polimer yang dibentuk melalui reaksi polimerisasi adisi dari monomer yang merupakan senyawa propilena. Polipropilena termasuk jenis plastik komoditas yaitu jenis plastik dengan volumenya yang tinggi dan harganya murah. Plastik komoditas mewakili sekitar 90% dari seluruh produk termoplastik [27]. Polipropilena tergolong ke dalam jenis termoplastik. Material polipropilena merupakan material polimer yang

mudah didaur ulang, sehingga lebih ramah lingkungan dibandingkan jenis polimer lainnya [28].

Sifat-sifat PP yaitu mempunyai densitas 0,90-0,92 gram/cm<sup>3</sup>, kekuatan benturan yang tinggi, tahan terhadap pelarut organik, bahan kimia anorganik, uap air, minyak, asam dan basa, isolator yang baik tetapi dapat dirusak oleh asam nitrat pekat, mudah terbakar dengan nyala yang lambat. Titik leleh 160°C dan suhu dekomposisi 380°C. PP banyak digunakan untuk bagian dalam mesin pencuci, komponen mobil dan suku cadang otomotif, botol kemasan, margarin, isolator listrik, kemasan (berupa lembaran tipis) makanan dan barang [29].

PP merupakan salah satu jenis plastik yang sering digunakan pada industri otomotif. Penggunaannya menjadi sangat dominan sebab PP memiliki karakteristik yang baik, seperti massa jenis yang rendah, ketahanan panas dan kelembapan yang baik, serta ketahanan dimensi yang stabil [30].

PP adalah polimer semi-kristalin. Sifat semi-kristalin tersebut mengakibatkan PP memiliki dua temperatur yaitu temperatur *transition glass* dan titik leleh. Temperatur *transition glass* merupakan temperatur dimana terjadinya perubahan fase dari fase *glassy* atau kaku (*rigid*) menjadi fase *rubbery* (lentur), sedangkan titik leleh adalah temperatur dimana PP mulai meleleh menjadi lelehan kental [28]. Pada saat meleleh, PP berada pada masa amorf sehingga material menjadi transparan dan berbentuk cairan (*liquid*).

### 2.3.1 Struktur Polipropilena

Kristalisasi dari rantai makromolekul merupakan faktor yang menentukan dalam morfologi polipropilena. Polipropilena dapat dibedakan menjadi 3 macam struktur yaitu [28]:

#### 1. Isotatik

Isotatik adalah bentuk yang paling biasa dan bersifat kaku dengan kristalinitas yang tinggi serta titik lebur yang tinggi pula. Dalam polimer komersial, semakin tinggi isotatiknya maka makin tinggi pula kristalinitas, kekuatan tarik, modulus, dan kekerasan sedangkan sifat struktur lainnya tetap. Dengan keteraturan gugus dimetil ini, maka rantai polimer dapat dikemas lebih padat sehingga menghasilkan plastik yang tahan panas dan kuat.

## 2. Sindiotatik

Sindiotatik merupakan struktur grup metil terletak berselang-seling pada sisi yang berbeda. Jenis ini sulit ditemukan karena pembuatannya sulit (temperatur operasi pada suhu 78°C).

## 3. Ataktik

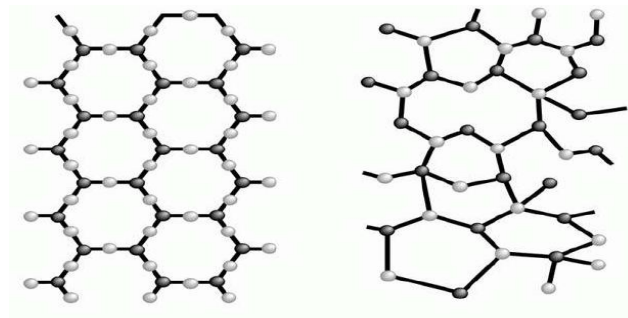
Ataktik merupakan struktur grup metil terletak secara acak. Memiliki kristalinitas yang rendah. Apabila dalam keadaan seluruhnya ataktik, maka bersifat amorf.

Pada dasarnya polipropilena adalah semi-kristalin, morfologi dan sifat-sifat struktur kristalannya berperan penting dalam sifat-sifat fisik polipropilena terutama pada modulus fleksural, kekerasan, dan transparansi. Kecepatan dan cara pembentukan kristalin pada saat polimer membeku dari keadaan lelehan nonkristalin mempengaruhi sifat-sifat dan proses [28].

Kristalinitas merupakan sifat penting yang terdapat dalam suatu polimer. Kristalinitas merupakan ikatan antara rantai molekul sehingga menghasilkan susunan molekul yang lebih teratur. Sifat kristalinitas yang tinggi menyebabkan regangannya yang tinggi dan kaku.

Dalam polipropilena rantai polimer yang terbentuk dapat tersusun membentuk daerah kristalin dan amorf yang mana atom-atom terikat secara tetrahedral dengan sudut ikatan C – C sebesar 109,5 °C dan membentuk rantai zig-zag planar [29]. Daerah kristalin yaitu daerah dengan susunan molekul teratur, dan daerah amorf yaitu daerah dengan susunan molekul tak beraturan. Daerah kristalin memberikan kekuatan, kekakuan, dan kekerasan pada PP, namun disisi lain menyebabkan PP menjadi lebih getas sehingga mengurangi ketangguhan dan mudah pecah terutama pada temperatur rendah. Daerah kristalin dan amorf digambarkan pada gambar 2.2 [31] :

Struktur rantai zig-zag planar tiga dimensi dapat terjadi dalam struktur isotaktik dan ataktik [32]. Polimer khas ruang (stereospesifik) ini khususnya disintesis isotaktik sehingga kekristalan tinggi. Karena keteraturan ruang ini rantai dapat terjejal sehingga menghasilkan plastik yang kuat dan tahan panas.



**Gambar 2.2** Struktur Kristal (kiri) dan Amorf (kanan).  
Sumber : Suryaneta, 2007.

### 2.3.2 Jenis Polipropilena

Polipropilen yang hanya mengandung monomer propilena dalam bentuk padat semi-kristalin disebut sebagai homopolimer PP (HPP), i-PP. Polipropilena yang mengandung etilena sebagai komonomer dalam rantai PP pada tingkat di sekitar kisaran 1-8% disebut sebagai kopolimer acak (*random copolymer/RCP*). HPP yang mengandung fase RCP yang bercampur komter yang memiliki kandungan etilen 45-65% disebut sebagai *impact copolymer* (ICP) [28].

#### a. Homopolimer PP (HPP)

Homopolimer PP dibuat dalam beberapa rancangan reaktor yang berbeda dengan menggunakan katalis yang menghubungkan monomer secara bersama-sama dengan cara stereospesifik, menghasilkan rantai polimer yang dapat dikristalisasi. Homopolimer PP merupakan sistem dua fase, karena mengandung daerah kristalin dan non-kristalin. Daerah non-kristalin atau amorf, terdiri dari PP isotaktik dan PP ataktik. PP isotaktik di daerah amorf dapat dikristalisasi, dan akan mengkristal perlahan seiring berjalannya waktu hingga batas yang memungkinkan. Tingkat kristalisasi setelah tahap fabrikasi awal mengubah pelet PP atau bubuk ke cetakan perlahan akan meningkat seiring berjalannya waktu, seperti juga kekakuannya. Homopolimer PP dipasarkan terutama dengan laju alir leleh (MFR) dan formulasi aditif menjadi aplikasi serat, film, lembaran, dan injeksi [28].

#### b. Kopolimer Acak (RCP)

Kopolimer acak adalah kopolimer etilena/propilena yang dibuat dalam reaktor tunggal dengan mengkopolimerisasi propilena dan sejumlah kecil etilena

(biasanya 7% dan lebih rendah). Etilena kopolimerisasi mengubah sifat polimer rantai secara signifikan dan menghasilkan produk termoplastik yang dijual ke pasar yang memiliki sifat dampak yang sedikit lebih baik, kejernihan yang ditingkatkan, penurunan titik leleh atau fleksibilitas yang perlu ditingkatkan. Monomer etilena dalam rantai PP menunjukkan dirinya cacat dalam keteraturan rantai, sehingga menghambat kristalisasi rantai tersebut. Jumlah etilena yang dimasukkan ke dalam rantai biasanya didikte oleh keseimbangan antara sifat termal, optik, dan mekanik. Keunggulan dari kopolimer acak yaitu dengan kebeneningannya dan kelenturannya yang tinggi. Namun kekuatan dan kekerasannya kurang jika dibandingkan dengan homopolimer PP [28].

#### c. Impact Copolymer (ICP)

ICP adalah campuran HPP dan RCP, dengan campuran keseluruhan memiliki kandungan etilen pada orde 6-15% berat. ICP dijual ke pasar diperlukannya ketahanan benturan yang meningkat pada suhu rendah, terutama suhu pendingin dan di bawahnya. Bagian RCP dari campuran ini dirancang untuk memiliki kandungan etilena pada etilena 40-65% dan disebut fase karet. Fase karet dapat dicampur secara mekanis ke dalam ICP dengan mencampur karet dan HPP dalam alat pengestrusi, atau dapat dipolimerisasi secara *in situ* dalam sistem dua reaktor. HPP dibuat pada reaktor pertama dan HPP dengan katalis aktif masih di dalamnya disampaikan ke reaktor kedua dimana campuran monomer etilena dan propilena dipolimerisasi dalam rongga dan celah polimer partikel polimer HPP. Jumlah fase karet yang dicampur ke dalam HPP dengan metode mekanis atau reaktor ditentukan oleh tingkat ketahanan terhadap benturan yang dibutuhkan. Resistansi dampak produk ICP ditentukan tidak hanya oleh kandungan karetnya tetapi juga oleh ukuran, bentuk, dan distribusi partikel karet di seluruh produk ICP. Produk reaktor biasanya memberikan ketahanan benturan yang lebih baik pada tingkat karet tertentu untuk alasan ini [28].

Perbedaan sifat termal dan sifat mekanik dari ketiga jenis PP dijelaskan pada tabel 2.1 :

**Tabel 2.1** Perbedaan Sifat Termal dan Sifat Mekanik Jenis PP

	Homopolimer PP (HPP)	Kopolimer Acak (RCP)	Impak Kopolimer (ICP)
Titik leleh	160-170°C	135-140°C	160-170°C
Temperatur Transisi Gelas	0°C	-10°C	-30°C
Ketahanan Benturan	-	+	+++
Kekakuan	++++	++	+++
Fleksibilitas	-	++	+
Transparansi	+	++	-
Sifat Unggulan	Kekakuan tinggi dan mengkilap	Kejernihan dan Keuletan yang tinggi	Keseimbangan antara Kekakuan dan Ketahanan Impak

Sumber : Oladele, Isiaka Oluwole, 2016.

## 2.4 Serat

Serat merupakan salah satu jenis bahan penguat yang dipadukan pada material komposit polimer yang dapat menentukan karakteristik dari material tersebut. Serat sebagai bahan penguat dapat menahan beban sebagian besar gaya yang bekerja pada material komposit. Berdasarkan sumbernya serat terdiri dari dua sumber yaitu serat alam (organik) dan serat sintetis (anorganik) [33].

### 2.4.1 Serat Sintetis

Serat polimer sintetis (*synthetic polymeric fiber*) atau biasa disebut serat sintetis adalah serat yang dibuat oleh manusia dari hasil riset dan pengembangan dalam industri petrokimia dan tekstil. Terdapat dua bentuk serat fisik, yaitu serat filamen tunggal dan serat yang dihasilkan dari pita filamen. Serat sintetis telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi di bidang industri. Serat yang termasuk dalam golongan serat sintetis antara lain polipropilena, polietilena, poliester, *nylon*, aramid, *acrylic* dan PVA [34].

### 2.4.2 Serat Alam

Serat alam merupakan alternatif bahan penguat material komposit yang berasal dari hewan maupun tumbuhan. Serat alam termasuk serat organik sehingga dapat diperbaharui dan ramah lingkungan. Serat alam tidak hanya dimanfaatkan untuk tekstil melainkan dapat digunakan dalam bidang industri

seperti komponen otomotif, bahan peredam suara dan sebagainya. Serat alam secara luas diklasifikasi menjadi 2 jenis yaitu:

a. Serat hewani

Serat hewani yaitu serat yang berasal dari hewan. Serat hewani dapat berbentuk *staple* maupun filamen. Contoh Serat yang berasal dari hewani seperti wol, sutra, dan sebagainya.

b. Serat nabati

Serat nabati merupakan serat yang berasal dari tumbuhan. Serat alam yang berasal dari tumbuhan, biasanya terdapat pada batang atau kulit pohon, daun dan buah. Contohnya seperti kenaf, rami, kapas, sisal dan sebagainya [34].

Penggunaan serat alam sebagai bahan penguat komposit untuk material komposit polimer memiliki keunggulan dibanding serat sintetis. Serat alam mudah didapatkan, harganya murah dibanding serat sintesis, mudah diproses, densitasnya rendah, ramah lingkungan, dapat diuraikan secara biologi, tidak kasar untuk pembuatan peralatan, ketika dibakar menetralkan CO<sub>2</sub> dapat dibakar dengan menghasilkan energi, tidak menyebabkan iritasi kulit, sifat mekanis yang baik, sifat akustik dan isolasi panas yang baik. Massa jenis serat tanaman adalah 40% dibawah massa jenis serat gelas. Pemanfaatan serat alam sebagai pengisi komposit telah diaplikasikan secara komersial di berbagai bidang seperti bidang otomotif dan konstruksi [35].

Menurut *Building Material and Technology Promotion Council*, komposisi unsur kimia serat alam yang ditunjukkan pada Tabel 2.2 :

**Tabel 2.2** Komposisi Unsur Kimia Serat Alam

Serat	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)	Kadar air (%)	Pektin (%)	Lilin (%)
<i>Flax</i>	70-72	14	4-5	7	2,3	1,7
Jute	61-63	13	5-13	12,5	0,2	0,5
Rami	68,6-76,2	13	0,5	8	1,9	0,3
Sisal	60-67	10-15	8-12	10-12	10,0	2,0
<i>Hemp</i>	70-78	18-19	4-5	10-11	0,9	0,8
Kapas	90	6	-	7	0,6	-

Sumber : *Building Material and Technology Promotion Council, 2001.*

Sedangkan berdasarkan sumbernya serat alam yang digunakan sebagai penguat dapat berasal dari batang (kulit pohon), daun, kulit buah dan kayunya. Berikut contoh serat tumbuhan berdasarkan sumbernya [34] :

- a. Serat tumbuhan yang berasal dari batang atau kulit kayu pohonya. Contohnya : rami kenaf, bambu.
- b. Serat tumbuhan yang berasal dari daunnya. Contohnya : sisal dan abaca.
- c. Serat tumbuhan yang berasal dari buahnya. Contohnya : kapas dan kelapa.

## 2.5 Serat Rami

Tanaman rami sudah ada sejak zaman Jepang pada waktu perang dunia ke II yang merupakan tanaman tahunan yang berbentuk rumpun mudah tumbuh dan dikembangkan didaerah tropis, tahan terhadap penyakit dan hama, serta dapat mendukung pelestarian alam dan lingkungan. Tanaman rami yang dikenal dengan nama lain *Boehmeria nivea* (L) Goud merupakan tanaman yang dapat menghasilkan serat alam nabati dari pita (*ribbons*) pada kulit kayunya yang sangat keras dan mengkilap. Di Jawa Barat dikenal dengan nama Haramay, sedangkan di Minangkabau dikenal dengan Romin, dan di Sulawesi dikenal Gambe. Dalam perdagangan internasional tanaman ini dikenal dengan sebutan Ramie. Saat ini tanaman rami sudah berhasil dibudidayakan oleh Koperasi Pondok Pesantren Darussalam, Garut, Jawa barat seluas hampir 300 hektar. Adapun sistematika botani tanaman rami dan gambar pohon rami sebagai berikut [36] :

**Tabel 2.3** Sistematika Botani Tanaman Rami

Taksonomi	Keterangan
Divisi	<i>Magnoliophyta</i>
Kelas	<i>Magnoliosida</i>
Subkelas	<i>Hamamelidae</i>
Ordo	<i>Urticales</i>
Famili	<i>Urticaceae</i>
Genus	<i>Boehmeria</i>

Sumber : Mussadad, 2007.



**Gambar 2.3** Tanaman Rami (a), Kulit Kayu Batang Rami (b), dan Serat Rami (c)  
Sumber : Subandi, 2011.

Tanaman rami termasuk tanaman penghasil serat tertua di daerah asia timur, dan saat ini banyak dibudayakan di negara Indonesia, China, Jepang, dan India. Rami dapat tumbuh mencapai 1,2-2,5 m dan dipanen 6 kali per tahun [37]. Tanaman rami atau yang dikenal dengan sebutan *China Grass* tergolong ke dalam kelompok serat batang. Tanaman rami menghasilkan serat dari kulit kayu batang. Selain diambil serat dari kulit kayunya, semua bagian tanaman rami dapat dimanfaatkan. Akar tanaman (*rhizome*) dapat digunakan sebagai bahan tanaman (bibit) untuk pengembangan rami, daunnya dapat sebagai pakan ternak, sedangkan kulit batang dan kayunya dapat digunakan untuk bahan baku *pulp* maupun kompos [36]. Secara teknis serat rami tergolong serat panjang dengan diameter (10-25  $\mu m$ ). Bentuk serat rami memiliki dinding sel yang tebal, datar dan tidak beraturan [38].

Penggunaan serat rami sebagai penguat dalam material komposit memiliki banyak keuntungan, rami merupakan serat yang dapat diperbaharui (*renewability*), mudah terurai, mudah dipadukan dengan berbagai material lain. Serat juga memiliki aspek rasio yang tinggi, tidak memerlukan energi yang tinggi untuk mengolahnya dan memiliki sifat insulator yang baik. Beberapa menganggap bahwa sebagian sifat ini adalah kelemahan seperti mudah terurai dan mudah terbakar, tetapi sifat ini juga berarti dapat memprediksi dan mengetahui mekanisme pengolahan limbahnya dengan lebih mudah, yang tidak didapatkan dengan mudah pada material lain [39].

### 2.5.1 Komposisi Serat Rami

Komposisi kimia yang dimiliki serat rami tidak selalu sama, karena seperti yang diketahui serat alam adalah material yang di desain secara alami tanpa campur tangan manusia sehingga komposisi yang ada tidak bisa ditentukan secara pasti, namun komposisi yang dimiliki kita bisa mengambil kisarannya [40].

Secara umum serat rami mengandung hemiselulosa dan lignin sebagai unsur dominan dan selulosa ( $C_5H_{10}O_5$ ) yang menjadi unsur utama dalam setiap serat. Masing-masing unsur pembentuk serat rami memberikan pengaruh terhadap sifat serat rami secara keseluruhan, yaitu

a. Selulosa

Selulosa merupakan salah satu kandungan dari serat alam. Kandungan selulosa pada serat alam sangat mempengaruhi kekuatan pada serat tersebut, semakin tinggi kadar selulosa maka kekuatan pada serat juga tinggi [41].

b. Hemiselulosa

Hemiselulosa adalah suatu komponen biomassa pada tumbuhan yang sebagian besar mengandung struktur molekul selulosa dan lignin. Kandungan yang ada pada hemiselulosa, ada yang dapat membantu pertumbuhan atau kekuatan alami yang baik dan ada juga yang dapat merusak. Hemiselulosa lebih banyak mengandung selulosa dan lignin, namun komponen selulosa sebagian memiliki kandungan yang membantu pertumbuhan dan kekuatan yang baik, seperti selulosa dan protein ataupun beberapa ikatan elemen lainnya, seperti hidrogen, karbon, dan oksigen. Kandungan hemiselulosa yang dapat merusak strukturnya, biasanya berupa getah [42].

c. Lignin

Lignin merupakan salah satu kandungan pada serat alam dimana berfungsi sebagai media transportasi molekul air, nutrisi dan metabolisme bagi sel tumbuhan [43]. Lignin mudah larut oleh pelarut alkali atau hanya dengan 5% larutan alkali saja di dalam air pada suhu kamar, dimana apabila terjadi kontak antara lignin dengan larutan alkali tersebut, maka lignin akan terdegradasi. Berdasarkan analisis para ahli, sifat lignin terhadap pembuatan produk

khususnya produk komposit, lignin tidak akan menambah kekuatan akan tetapi mengurangi kekuatan dari produk. Lignin harus dipastikan dalam jumlah sedikit khususnya proses kombinasi bahan, maka lebih baik kandungan lignin dipastikan sedikit atau jika perlu dihilangkan sebelum adanya kombinasi bahan yang dilakukan dengan tujuan mendapatkan produk dengan kekuatan baik [43].

**Tabel 2.4** Kandungan Kimia Serat Rami

Kandungan	Keterangan
Selulosa (%)	68,6-76,2
Hemiselulosa (%)	13,1-16,7
Lignin (%)	0,6-0,7
Kadar Air (%)	8,0
Pektin (%)	1,9
Lilin ( <i>wax</i> ) (%)	0,3

Sumber : Mohanty, 2000.

### 2.5.2 Karakterisasi Serat Rami

Tanaman rami menghasilkan serat dari kulit kayunya. Secara kimia serat rami diklasifikasi ke dalam jenis serat selulosa seperti kapas, linen, *hemp*, dan lain-lain. Serat rami memiliki kompatibilitas yang baik dengan seluruh jenis serat baik serat alam maupun sintetis sehingga mudah untuk dicampur dengan jenis serat apapun. Beberapa karakteristik fisika dari serat alam dapat dilihat pada Tabel 2.5 [35]:

**Tabel 2.5** Beberapa Karakteristik Fisika Serat Alam.

Karakteristik	Rami	Kapas	Hemp	Jerami
Panjang rata-rata serat (mm)	120- 150	20-30	15-25	13-14
Diameter rata-rata serat ( $\mu$ )	40-60	14-16	15-30	17-20
Kekuatan Tarik( $\text{kg/mm}^2$ )	95	45	83	78

Sumber : Kozlowski, 2005.

### 2.5.3 Tantangan Penggunaan Serat Rami Sebagai Penguat Komposit

#### Polimer

##### A. Interfase

Permasalahan utama yang sering ditemui pada penambahan serat alam termaksud serat rami dalam material komposit adalah kurangnya adhesi antar muka yang baik antara dua komponen, yang berakibat sifat yang buruk pada produk akhir. Gugus hidroksil polar pada permukaan serat rami mengalami

kesulitan membentuk interfase yang baik dengan matriks yang bersifat non-polar, karena ikatan hidrogen dari permukaan serat cenderung mencegah pembasahan pada permukaan pengisi. Adhesi antarmuka serat-matriks dapat ditingkatkan dengan banyak modifikasi kimia dari serat. Salah satu modifikasi yang dikenal dan efektif diterapkan pada serat rami adalah perlakuan alkali dengan natrium hidroksida (NaOH) [44].

#### B. Penyerapan Air

Pada umumnya penetrasi kelembaban menjadi bahan komposit dilakukan oleh tiga mekanisme yang berbeda. Mekanisme pertama terdiri dari difusi molekul air ke dalam celah mikro antara rantai polimer. Mekanisme kedua melibatkan perpindahan kapiler ke dalam celah dan kerusakan yang menghubungkan antara serat dan matriks karena ketidakmampuan dan impregnasi yang tidak lengkap. Mekanisme ketiga melibatkan perpindahan celah mikro dalam matriks, terbentuk selama proses pencampuran. Matriks seperti poliester, mudah di hidrolisis oleh uap air, menghasilkan penurunan berat molekul. Laju degradasi hidrolitik ini tergantung pada suhu dan kelembaban. Hal ini akan menyebabkan kerugian pada sifat mekanik komposit berbasis serat alami [44]. Penyerapan air pada komposit merupakan kemampuan komposit dalam menyerap air dalam waktu tertentu. Penyerapan air ditandai dengan perubahan berat, volume, dan berat jenis komposit. Pengujian penyerapan air ini dilakukan dengan standar ASTM D 5229. Kandungan air pada serat (*moisture content*) dinyatakan dalam persen (%). Kandungan air yang lebih sedikit dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit dan menurunkan nilai *void* dibandingkan dengan kandungan air yang tinggi. Untuk mengetahui kandungan air dalam serat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut [45] :

$$M_c = \frac{M_a - M_b}{M_b}$$

dimana  $M_c$  merupakan *moisture content* serat,  $M_a$  adalah berat awal serat sebelum kering, sedangkan  $M_b$  adalah berat serat setelah kering.

### C. Perlakuan Kimia

Modifikasi kimia atau perlakuan serat alam termasuk serat rami, umumnya dilakukan dengan menggunakan *reagen* yang mengandung gugus fungsional yang mampu mengikat dengan gugus hidroksil dari serat alam. Beberapa jenis modifikasi kimia termasuk perlakuan alkali, perlakuan silane, perlakuan isosianat, dan asetilasi [44]. Modifikasi serat alam bertujuan untuk meningkatkan daya rekat antara matriks dan bahan penguatnya.

Proses alkali merupakan perlakuan serat alam secara kimia yang dilakukan dengan merendam serat dalam larutan alkali (NaOH) dengan variasi konsentrasi tertentu dan pada jangka waktu tertentu. Modifikasi penting yang dilakukan oleh perlakuan alkali adalah gangguan ikatan hidrogen dalam struktur jaringan, sehingga meningkatkan kekasaran pada permukaan. Senyawa alkali akan melarutkan senyawa amorf seperti hemiselulosa, lignin dan *wax* sehingga diperoleh serat alam dengan kekasaran yang meningkat dan menyebabkan terbentuknya mekanisme perekatan (*mechanical interlocking*) pada komposit [46].

Perlakuan alkali memiliki dua efek pada serat yaitu meningkatkan kekasaran permukaan, menghasilkan mekanisme perekatan yang lebih baik dan meningkatkan jumlah selulosa yang terpapar pada permukaan serat, sehingga meningkatkan jumlah kemungkinan tempat reaksi. Akibatnya perlakuan alkali memiliki efek yang kekal pada sifat mekanik serat alami, terutama pada kekuatan dan kekakuan [44].

#### 2.6 *Talc* sebagai Bahan Pengisi (*Filler*)

*Talc* merupakan mineral *metamorphic* yang dihasilkan dari metamorphosis mineral magnesium seperti *serpentine*, *pyroxene*, *amphibole*, dan *olivine* dengan bantuan karbondioksida dan air. *Talc* memiliki rumus kimia  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$  dan nama lain *talc* adalah *Talcum Venetum* [47]. *Talc* pada umumnya berbentuk serbuk tetapi ada juga yang berbentuk batangan, harganya murah. *Talc* di alam cukup berlimpah dan dapat dijumpai dalam berbagai kualitas dengan warna putih, kehijauan atau abu-abu tua. *Talc* memiliki densitas 2,5 -2,8 g/cm<sup>3</sup> dan titik leleh 1300-1400°C [48]. *Talc* sebagai pengisi berfungsi meningkatkan nilai kekerasan sehingga lebih sulit untuk terdegradasi saat proses pelelehan sehingga menaikkan

titik leleh nya. Dengan penambahan *talc* pada PP menyebabkan komposit yang dihasilkan menjadi lebih kaku, sehingga kekuatan material dapat meningkat tanpa harus penambahan ketebalan dimensi [48]. Penggunaan *talc* sebagai bahan pengisi dalam material komposit dapat menghasilkan sifat komposit yang baik seperti kekuatan tarik, konduktivitas termal, penyusutan yang rendah, defleksi panas, dan tahan terhadap goresan. Selain itu penggunaan *talc* dapat meningkatkan adhesi polipropilena dan *talc* [48]. Hal tersebut dapat mengurangi biaya produksi.

### **2.7 MA-g-PP sebagai Kompatibiliser (*Compatibilizer*)**

Kompatibiliser (*compatibilizer*) adalah material yang berfungsi sebagai pengikat antara matriks dan pengisi. Prinsip kerja kompatibiliser (*compatibilizer*) dalam material komposit adalah sebagai interfase, yang mempengaruhi adhesi permukaan dan tegangan permukaan. Adhesi permukaan akan semakin besar sedangkan tegangan permukaan akan turun dengan penambahan kompatibiliser, akibatnya akan terbentuk sistem yang saling melarutkan. Selain itu kompatibiliser (*compatibilizer*) berfungsi juga untuk melindungi kelembaban pada material penyusun komposit. Adanya kelembaban pada material pengisi akan membuat kesulitan material pengisi untuk berikatan dengan matriks yang akan menghasilkan ikatan yang kurang baik. Dengan adanya penambahan kompatibiliser (*compatibilizer*) akan membuat ikatan antara pengisi dalam matriks komposit yang dapat membuat material komposit menjadi lebih kuat dan baik, sehingga proses pembuatan komposit berlangsung dengan baik pula [49].

Kompatibiliser (*compatibilizer*) yang digunakan untuk material komposit biasanya menggunakan *Maleic Anhydride* (MA) sedangkan kombinasi bahan kimia berupa kopolimer seperti *polipropilene graft maleic anhydride* [49]. Fungsi dari kompatibiliser (*compatibilizer*) tidak hanya untuk memperbaiki sifat komposit, tetapi juga meminimalisir berat pengisi yang hilang saat proses pembuatan komposit berlangsung.

### **2.8 Irganox 1010 sebagai Antioksidan**

Antioksidan adalah zat yang dapat menangkap radikal bebas, antioksidan bertindak sebagai penghambat degradasi yang bereaksi dengan radikal-radikal bebas agar siklus reaksi tidak terjadi [50]. Antioksidan ini melindungi polimer

agar tidak terdegradasi selama proses, sinar UV dan tegangan permukaan serta zat pengotor.

Kestabilan suatu material polimer merupakan ketahanan polimer untuk tidak terdegradasi. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menjaga kestabilan pada polimer yaitu dengan cara penambahan zat stabilizer. Zat stabilizer yang efektif untuk polipropilena yaitu seperti Irganox 1010, Irganox 1076, BHT, dan Thapanol [50].

Antioksidan irganox 1010 merupakan zat stabilizer yang berperan sebagai antioksidan. Nama kimia antioksidan irganox 1010 yaitu pentaerythritol tetrakis (3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionate) merupakan zat stabilizer yang memiliki fungsi utama sebagai stabilitas proses pencairan dalam suhu yang tinggi [50]. Antioksidan irganox 1010 memiliki titik leleh 110-125°C, densitas 1,15 gram/ml. Kelebihan dari penggunaan antioksidan irganox 1010 yaitu memiliki kompatibilitas yang baik, memiliki sifat volatil yang rendah, ramah lingkungan.

## **2.9 Aplikasi Material Komposit Polimer**

Penggunaan material komposit polimer terus berkembang dengan berkembangnya ilmu teknologi yang semakin meningkat khususnya di bidang otomotif. Penggunaan material komposit yang terus dikembangkan telah menjawab tantangan global untuk menuju bumi yang ramah lingkungan. Penggunaan material komposit dengan menggunakan serat sintesis telah dikembangkan mulai pada tahun 1958 hingga sekarang. Hingga saat ini, penggunaan serat sintesis yang digunakan seperti serat kaca, serat karbon sebagai material dalam pembuatan industri otomotif. Contohnya pada *door modules*, *hood*, *trunk lid*, dan *bumper* pada bagian exterior mobil. sedangkan pada bagian interior contohnya seperti *dash board*, *floor*, *door panel*, *steering*, dan *seat*. Penggabungan antara matriks dan serat sebagai penguat dapat meningkatkan kualitas produk dan menekan biaya produksi. Namun, penggunaan serat sintetis pada material komposit menghasilkan limbah yang dinilai kurang ramah lingkungan [51]. Sehingga dibutuhkan material yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan serat sintetis, selain itu mudah didapat, dapat di daur ulang dan murah.

Semakin berkembangnya teknologi khususnya dibidang otomotif meningkatkan kesadaran lingkungan akan penggunaan material yang digunakan pada industri otomotif. Industri otomotif mulai melirik penggunaan material yang ramah lingkungan seperti penggunaan serat alam sebagai bahan yang memenuhi kriteria yang diinginkan walaupun terdapat beberapa kelemahan.

Menurut Faruk pada tahun 2014 mengungkapkan bahwa terjadi peningkatan penggunaan material komposit berpenguat serat alam pada lima tahun terakhir. Serat yang digunakan sebagai bahan penguat umumnya kenaf, rami, dan sisal. Penggunaan serat alam sebagai penguat pada material komposit memiliki kelebihan yaitu limbah yang dihasilkan dapat didaur ulang, mudah di dapat, ramah lingkungan, dan lebih murah dibandingkan dengan serat sintetis.

## **2.10 Sifat Termal**

Analisa sifat termal dalam pengujian merujuk secara detail pada ketahanan material komposit pada temperatur rendah maupun tinggi terhadap degradasi dari material komposit. Sifat termal dalam pengujian meliputi kristalinitas, titik leleh, dan entalpi.

### **2.10.1 Titik Leleh (T<sub>m</sub>)**

Titik leleh atau titik leleh adalah perubahan fasa pada suatu material dari berupa padatan menjadi fasa cair atau leleh. Pada material komposit, jika material dipanaskan diatas titik lelehnya, maka strukturnya dari material itu sendiri akan terdekomposisi dengan ditunjukkannya perubahan warna menjadi gelap atau gosong [28]. Untuk mendapatkan nilai titik leleh dapat dilakukan dengan pengujian menggunakan alat *differential scanning calorimeter* (DSC), *themat gravimertric analysis* (TGA), dan *differential thermal analysis* (DTA).

### **2.10.2 Entalpi**

Entalpi adalah jumlah energi yang dimiliki sistem pada tekanan tetap atau jumlah dari semua bentuk energi yang tersimpan dalam suatu zat. Entalpi didapat dari hasil analisis termal yang digunakan sebagai pengukuran sifat-sifat fisik dan kimia material sebagai fungsi dari suhu. Dengan menggunakan alat DSC dapat memungkinkan pengukuran kuantitatif perubahan entalpi yang timbul dalam sampel sebagai fungsi dari suhu maupun waktu. Perubahan entalpi adalah selisih

antara entalpi akhir dan entalpi awal dan dilambangkan dengan  $\Delta H$ . Entalpi awal dan entalpi akhir pada suatu sistem tidak dapat diukur karena energi total pada suatu sistem adalah penggabungan dari energi kinetik dan energi potensial. Energi total tidak dapat diukur karena tidak tahu secara pasti jumlah energi yang diperlukan molekul-molekul dalam sistem untuk bergerak namun dapat mengetahui seberapa besar energi atau panas yang dilepaskan atau diserap dalam suatu reaksi kimia [52].

Perubahan entalpi peleburan adalah perubahan energi atau panas yang diserap atau dilepaskan pada fase padat menjadi cair (*liquid*). Reaksi melepas panas atau menyerap panas ini disebut reaksi eksotermis dan reaksi endotermis. Reaksi eksotermis adalah reaksi atau keadaan dimana sistem melepaskan panas ke lingkungan ( $\Delta H < 0$ ). Pada reaksi eksotermis panas yang ada diluar sistem lebih tinggi daripada di dalam sistem atau entalpi reaktan lebih tinggi daripada entalpi produk sedangkan reaksi endotermis adalah reaksi yang membutuhkan atau menyerap panas dari lingkungan ( $\Delta H > 0$ ). Pada reaksi endotermis panas yang ada diluar sistem lebih rendah daripada di dalam sistem atau entalpi reaktan lebih rendah dari pada entalpi produk [52].

### **2.10.3 Kristalinitas**

Kristalinitas dari suatu polimer adalah derajat keteraturan susunan rantai polimer yang sangat mempengaruhi sifat dari bahan polimer tersebut. Pembentukan inti kristal mulai terjadi pada temperatur kristalin, selanjutnya kristal mulai membentuk lembaran-lembaran yang terdiri dari struktur kristalin dan amorfus. Fasa amorf adalah fasa yang berlawanan dengan fasa kristalin dimana molekul tersusun secara tidak teratur atau acak [53].

Fraksi kristalinitas pada polimer semi kristalin merupakan salah satu parameter fisik yang paling penting dalam menggambarkan morfologi dan menentukan sifat kimia, modulus young, nilai tekanan, dan kekuatan yang semakin meningkat dengan kristalinitas. Kristalinitas dapat ditentukan dari hasil pengujian DSC. Penggunaan alat DSC dapat mengukur kristalinitas, entalpi fusi pada area endoterm. Pengukuran dari fraksi berat kristalinitas dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut [13]:

$$X_c = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_f^\circ w} \times 100\%$$

dimana nilai  $\Delta H_f^\circ = 209 \text{ J/g}$  yang didapat dari 100% kristalin isotatik PP,  $w$  adalah fraksi massa PP dalam material komposit dan  $X_c$  adalah persentase pada kristalin.

### 2.11 Kecepatan Aliran Lelehan (*Melt Flow Rate* /MFR)

Menurut ASTM Internasional, 2010 MFR adalah ukuran kecepatan ekstrusi dari material termoplastik yang melewati *die* dengan temperatur dan beban yang sudah ditentukan. Semakin tinggi nilai MFR maka material akan semakin encer sehingga temperatur proses yang dibutuhkan semakin rendah. Pada industri plastik, MFR berguna dalam menentukan jenis proses dan kondisi proses (berkaitan dengan pengaturan temperatur). MFR juga dapat digunakan untuk mengetahui tingkat penurunan kualitas plastik akibat proses pencetakan. Kecepatan alir untuk resin dalam bentuk cetakan sudah ditentukan sehingga persentase perbedaan dapat dihitung.

Untuk mendapatkan hasil *Melt Flow Rate* (MFR) dibutuhkan sekitar 7 gram material yang akan diuji. Material tersebut dimasukkan ke dalam tabung pemanas yang sebelumnya sudah dipanaskan terlebih dahulu. Beban yang sudah ditentukan diletakkan di atas piston dan material yang sudah dicairkan akan terdorong melalui *die*. *Melt Flow Rate* (MFR) mempunyai hasil ukuran dalam gram/10 menit.

*Melt Flow Rate* (MFR) bisa digunakan untuk poliolefin, polietilena yang diukur pada temperatur  $190^\circ\text{C}$  dan polipropilena pada temperatur  $230^\circ\text{C}$ . Pembuatan plastik harus memilih material dengan MFR yang tinggi sehingga dapat dengan mudah membentuk polimer dalam bentuk leleh menjadi bentuk yang diinginkan. Sebaliknya, pemilihan nilai MFR rendah menghasilkan kekuatan mekanis dari bentuk akhir polimer sesuai penggunaannya.

### 2.12 Pengujian Sifat Termal dengan *Differential Scanning Calorimeter* (DSC) dan Kecepatan Aliran Lelehan (MFR) dengan *Melt Flow Indexer* (MFI)

Pengujian sifat termal pada material komposit polimer guna untuk mengetahui titik leleh, kristalinitas dan entalpi pada material tersebut, pengujian

ini menggunakan alat DSC sedangkan untuk kecepatan aliran lelehan dari material polimer dapat menggunakan alat MFR.

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

*Differential Scanning Calorimeter (DSC)* merupakan salah satu alat dari analisis termal yang dapat digunakan untuk menentukan kapasitas panas dan entalpi dari suatu bahan. *Differential Scanning Calorimeter (DSC)* adalah teknik analisa yang mengukur perbedaan kalor yang masuk ke dalam sampel dan perbandingan sebagai fungsi temperatur. *Differential Scanning Calorimeter (DSC)* secara luas digunakan untuk mengkarakterisasi sifat *thermophysical* polimer. *Differential Scanning Calorimeter (DSC)* dapat mengukur sifat termoplastik termasuk titik leleh, kalor peleburan, persen kristalinitas dan suhu *glass transition*.

Menurut Nurjanah pada tahun 2008, prinsip kerja analisa termal *Differential Scanning Calorimeter (DSC)* didasarkan pada perbedaan suhu antara sampel dan suatu perbandingan yang diukur ketika sampel dan perbandingan dipanaskan dengan pemanasan yang beragam. Perbedaan suhu antara sampel dan zat pembanding yang inert akan teramati apabila terjadi perubahan dalam sampel yang melibatkan panas seperti reaksi kimia, perubahan fase atau perubahan struktur. Jika  $\Delta H$  (-) maka suhu sampel akan lebih rendah dari pada suhu pembanding, sedangkan jika  $\Delta H$  (+) maka suhu sampel akan lebih besar dari pada suhu zat pembanding. Perubahan kalor setara dengan perubahan entalpi pada tekanan konstan, persamaannya sebagai berikut :

$$\frac{dq}{dt} \text{ p} = \frac{dH}{dt}$$

aliran panas antara sampel dan zat pembanding memiliki persamaan yaitu :

$$\Delta \frac{dH}{dt} = \frac{dH}{dt} \text{ sampel} - \frac{dH}{dt} \text{ referensi}$$

Data yang diperoleh dari analisis *Differential Scanning Calorimeter (DSC)* dapat digunakan untuk mempelajari kalor reaksi, kinetika, kapasitas kalor, transisi fase, kestabilan termal, kemurnian, komposisi sampel, titik kritis, dan diagram fase. Termogram hasil analisis *Differential Scanning Calorimeter (DSC)* dari suatu bahan polimer akan memberikan informasi titik *glass transition (Tg)* yaitu

suhu pada saat polimer berubah dari bersifat kaca menjadi seperti karet, temperatur kristalin ( $T_c$ ) yaitu pada saat polimer berbentuk kristalin, titik leleh ( $T_m$ ) yaitu saat polimer berwujud cairan, dan titik dekomposisi yaitu saat polimer mulai rusak.

### 2.12.2 *Melt Flow Indexer* (MFI)

*Melt Flow Indexer* (MFI) alat yang digunakan untuk menganalisa MFR pada material komposit. Untuk metode dalam menganalisa MFR dapat berdasarkan ASTM atau ISO. Menurut ASTM D 1238–10, terdapat 4 prosedur dalam melaksanakan pengujian Melt Flow Rate (MFR) yaitu prosedur A, B, C dan D :

- a. Prosedur A digunakan untuk menentukan *Melt Flow Rate* (MFR) dari material termoplastik. Hasil dari pengukuran tersebut adalah gram/10 menit. Itu berdasarkan pengukuran massa material yang terekstrusi dari *die* dengan jangka waktu tertentu. Umumnya digunakan untuk material yang mempunyai kecepatan alir diantara 0.15 dan 50 gram/10 menit.
- b. Prosedur B adalah pengukuran waktu otomatis untuk menentukan *Melt Flow Rate* (MFR) dan *Melt Volume Rate* (MVR) dari material termoplastik. Pengukuran MFR menggunakan prosedur B dilaporkan dalam gram/10 menit, sedangkan pengukuran MVR dalam  $\text{cm}^3/10$  menit ( $\text{cm}^3/10$  menit). Pengukuran prosedur B berdasarkan penentuan dari volume material yang terekstrusi dari *die* dalam jangka waktu tertentu. Volume dikonversi ke perhitungan massa dari perkalian hasil dari nilai melt density material. Prosedur ini umumnya digunakan untuk kecepatan alir dari 0.50 sampai 1500 gram/10 menit.
- c. Prosedur C adalah pengukuran waktu otomatis untuk menentukan *Melt Flow Rate* (MFR) dari material poliolefin. Pengujian ini umumnya digunakan untuk kecepatan alir yang lebih tinggi dari 75 gram/10 menit. Prosedur C menggunakan *die* yang dimodifikasi, biasanya berhubungan dengan “*half-die*”, dimana tinggi dan diameter dalam *die* menggunakan setengah dari ukuran standar dari prosedur A dan B. Cara pengujian sama seperti pengujian B, tetapi hasil yang didapat dari prosedur C tidak dapat

di asumsikan dari setengah hasil pengujian prosedur B. Prosedur C adalah pengujian beban ganda (*multy-wight test*) yang berhubungan dengan *Flow Rate Rasio* (FRR).

- d. Prosedur D dirancang untuk dapat menentukan MFR menggunakan dua beban atau tiga beban yang berbeda (termasuk peningkatan atau penurunan beban pada saat pengujian) dalam sebuah material. FRR didapat dari membagi MFR pada hasil pengujian tertinggi yang dilakukan pada saat pengujian beban paling rendah. Hasil pengujian *multy-weight test* tidak bisa langsung dibandingkan dengan hasil prosedur A dan B.

Menurut ISO 1133:1997, *Melt Flow Rate* (MFR) dan *Melt Volume Rate* (MVR) dari material termoplastik dibawah kondisi temperatur dan beban yang ditentukan. MFR dan MVR dari material termoplastik tergantung dari nilai pemotongan. Nilai pemotongan pengujian ini lebih kecil dari penggunaan dibawah kondisi fabrikasi normal, dan kemungkinan data yang didapat dari metode untuk material termoplastik yang bervariasi tidak saling berhubungan dengan penggunaannya. Menurut ISO 1133:1997 terdapat 2 metode yaitu metode A dan B.

Metode pertama atau metode A dapat mencari nilai MFR. Nilai MFR didapat dari meleburkan 3 gram sampai 8 gram sampel di dalam tabung silinder. Sebelum melakukan pengujian, tabung silinder dipanaskan terlebih dahulu (*preheating*) selama 4 menit. Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam tabung silinder dan ditekan menggunakan piston dengan beban yang sudah ditentukan. Sampel yang sudah melebur akan terekstrusi melalui *die*. Hasil ekstrusi tersebut dipotong dengan panjang 10 mm dan dalam interval waktu yang sudah ditentukan. Hentikan proses pemotongan ketika tanda bagian atas piston sudah sampai bagian atas tabung silinder. Hitung rata-rata massa sampel yang sudah dipotong, jika perbedaan antara massa maksimum dan massa minimum melebihi 15 % dari rata-rata maka perlu dilakukan pengujian ulang dengan sampel baru. Rata-rata massa selanjutnya dimasukkan dalam persamaan untuk mencari nilai MFR dengan hasil gram/10 menit.

Metode kedua atau Metode B digunakan untuk mencari nilai MVR. Untuk massa sampel yang digunakan dan proses *preheating*, caranya sama dengan pengujian MFR. Nilai MVR ditentukan dengan prinsip mengukur perpindahan jarak piston dalam waktu yang sudah ditentukan. Pada saat tanda bagian atas piston sudah sejajar dengan bagian atas tabung silinder, pengukuran dimulai. Ukur jarak perpindahan piston pada waktu yang sudah ditentukan. Selanjutnya masukkan kedalam persamaan sehingga didapat nilai MVR dalam  $\text{cm}^3/10$  menit.

Hasil pengukuran nilai MFR berbanding terbalik dengan viskositas suatu material atau bahan. Semakin tinggi nilai MFR suatu material atau bahan, maka semakin rendah viskositasnya dikarenakan berat molekul material atau bahan tersebut juga kecil dan berlaku untuk sebaliknya. Pengujian kecepatan aliran lelehan dengan menggunakan alat LMI dynisco sesuai dengan ASTM 1238. Untuk gambar alat LMI dynisco terdapat pada gambar 2.4 [54] :



**Gambar 2.4** Dynisco *Melt Flow Indexer*

Sumber : Ramkumar, 2014

### **2.13 Sejarah Penelitian Analisis Sifat Termal Komposit PP/Serat Alam**

Penelitian Wang Lu-Ling, dkk pada tahun 2003 mengenai pengaruh penambahan serat rami pada komposit pp dengan kandungan 0%, 10%, 15%, dan 20% dari berat serat rami. Serat rami yang melalui perlakuan 5% NaOH dengan panjang serat rami 5 mm. Pembuatan komposit pp yang diperkuat dengan serat rami menggunakan metode hibrid dan pencampuran lelehan. Hasilnya Peningkatan panjang serat dan jumlah penambahan serat dapat meningkatkan sifat mekanik komposit PP yang diperkuat dengan serat rami mengalami peningkatan

pada kekuatan tarik, kekuatan lentur, kekuatan kompresi, tetapi mengalami penurunan terhadap kekuatan *impact* [12].

Hasil penelitian P.V. Joseph, dkk pada tahun 2003 mengenai sifat termal dan kristalinitas komposit polipropilena berpenguat serat sisal pendek. Bahan yang digunakan yaitu polipropilena glikol, maleat anhidrat dan kalium permanganat untuk meningkatkan adhesi antarmuka serat dan matriks. Sifat dari campuran ini dianalisis dengan menggunakan analisis termogravimetri dan DSC. Hasilnya stabilitas termal campuran komposit PP berpenguat serat sisal pendek lebih tinggi dari pada serat dan matriksnya, dan penggabungan dari komposit PP-serat sisal pendek menyebabkan peningkatan temperatur kristalin dan persentase kristalinitas [13].

Hasil penelitian K Wang, dkk pada tahun 2013 mengenai pengaruh penambahan kandungan *talc* pada degradasi *re-extruded* komposit polipropilena. Hasil penelitian mengenai pengaruh *talc* pada sifat termal, mekanik dan laju alir pada komposit PP/*talc* dengan kandungan 0%, 10%, dan 20% *talc* selama proses multiple *re-extrusions*. Hasilnya menunjukkan bahwa pada sifat termal penambahan *talc* sedikit meningkatkan titik leleh pada matriks PP, sedangkan penambahan *talc* sebagai *filler* meningkatkan temperatur kristalin. Pada laju alir hasilnya menunjukkan bahwa penambahan *talc* mempengaruhi menurunnya nilai MFI dengan penambahan kandungan *talc*. Sedangkan pada sifat mekanik meningkatkan modulus young, meningkatkan nilai tegangan, dan menurunkan sifat elongasi [52].

Hasil penelitian Theresa, dkk pada tahun 2017 mengenai pengaruh penambahan PPgMA pada 5% meningkatkan kekuatan tarik, modulus, dan kelenturan. Serta memberikan kekuatan langsung antara maleat anhidrat dengan selulosa dan memberikan adhesi permukaan yang baik antara PP dan serat.

Hasil penelitian Asumani, dkk pada tahun 2012 mengenai pengaruh perlakuan alkali-silane pada sifat tarik dan lentur serat kenaf *non-woven* yang diperkuat polipropilena. Hasil terbaik yang didapat bahwa pengaruh perlakuan 6% NaOH selama 24 jam memberikan peningkatan pada sifat mekanik yaitu modulus tarik, kekuatan lentur dan sifat khusus lainnya.

Hasil penelitian Mehrdad, dkk pada tahun 2011 mengenai pengaruh kelajuan aliran index dan kelajuan aliran lelehan degradasi kinetik panas pada poliolefin komersil. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu HDPE, LDPE, LLDPE, dan PP. Hasil yang di tunjukkan dalam penelitian ini yaitu energi untuk degradasi termal pada poliolefin berpengaruh pada spesifikasi molekul, namun tidak terlalu berpegaruh. Dengan menggunakan metode *Friedman* dan metode *Kissinger* hasil dasar yang didapat yaitu pada derajat olefin dengan nilai MFI medium atau rendah dan MFR rendah memiliki kestabilan termal yang tinggi dan memerlukan energi yang lebih dalam proses degradasi termal.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental yaitu :

1. Persiapan bahan baku dan bahan lainnya dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Polimer dan Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian R.I. pada bulan Maret s.d April 2018
2. Pembuatan granula komposit polipropilena berpenguat serat rami pendek dilakukan di PT Intera Lestari Polimer, Tangerang, Banten pada 02 Mei 2018 – 04 Mei 2018.
3. Pengujian sifat termal dan kecepatan aliran lelehan granula komposit polipropilena berpenguat serat rami pendek dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Polimer dan Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian R.I. pada 08 Mei 2018 dan 11 Mei 2018.
4. Penyusunan laporan penelitian dilakukan di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian R.I.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. DSC 214 Polyma
2. LMI Dynisco 5000 Series
3. *Kneader & Mixer Baihong Machinery (Shanghai) Co., Ltd*
4. *Crusher*
5. Neraca Digital Analitis
6. Neraca Digital Teknis
7. Ember
8. Termometer Air Raksa
9. Plastik Vakum

10. Gelas Kimia 500 ml Pyrex
11. *Crucible* Aluminium
12. Piala Gelas 10 ml Pyrex
13. pH indikator universal MERCK
14. Batang pengaduk kaca
15. Oven
16. Gunting
17. Kompor Gas
18. *Water Heater*

Gambar alat dapat dilihat pada lampiran

### **3.2.2 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Serat Rami yang diperoleh dari toko “jualbijibijian”, Yogyakarta, Jawa Tengah.
2. Resin homopolimer polipropilena (PP) *injection grade* - MAF 5402, *melt index* (MI=12,89 gram/10 min) yang diperoleh dari PT Polytama Propindo.
3. NaOH *flake* 98% yang diperoleh dari CV. Harum Kimia, Jakarta Pusat.
4. *Polypropilene Maleic Anhidra Grafted* (MAgPP) atau Coupler B granula, *melt index* (MI=0,5–1,0 gram/10 min) yang diperoleh dari Pusat Teknologi Material.
5. Antioksidan Irganox 1010.
6. *Talc*
7. Aquades

Gambar bahan dapat dilihat pada lampiran.

## **3.3 Variabel**

### **3.3.1 Variabel Tetap**

Variabel tetap adalah suatu variabel yang tidak berubah selama penelitian ini berlangsung. Variabel tetap yang digunakan selama penelitian ini, yaitu:

1. Komposisi Antioksidan Irganox 1010 sebesar 0,52% (wt) dari berat umpan
2. Komposisi MAgPP sebesar 5% (wt) dari berat umpan.

### 3.3.2 Variabel Berubah

Variabel berubah adalah variabel yang divariasikan selama penelitian ini berlangsung dan bertujuan untuk mencari perubahan dan nilai terbaik pada sampel produk komposit yang terbentuk. Variabel berubah yang digunakan :

1. Komposisi massa serat rami pendek (10%, 15%, 20%) dari berat umpan.
2. Komposisi massa PP (90%, 85%, 80%) dari berat umpan.

**Tabel 3.1** Variabel Variasi Komposit

Sampel	Rasio Rami/Polipropilena	Keberadaan Talc
1	1 : 9	Ada
2	1 : 9	Tidak Ada
3	3 : 17	Ada
4	3 : 17	Tidak Ada
5	1 : 4	Ada
6	1 : 4	Tidak Ada

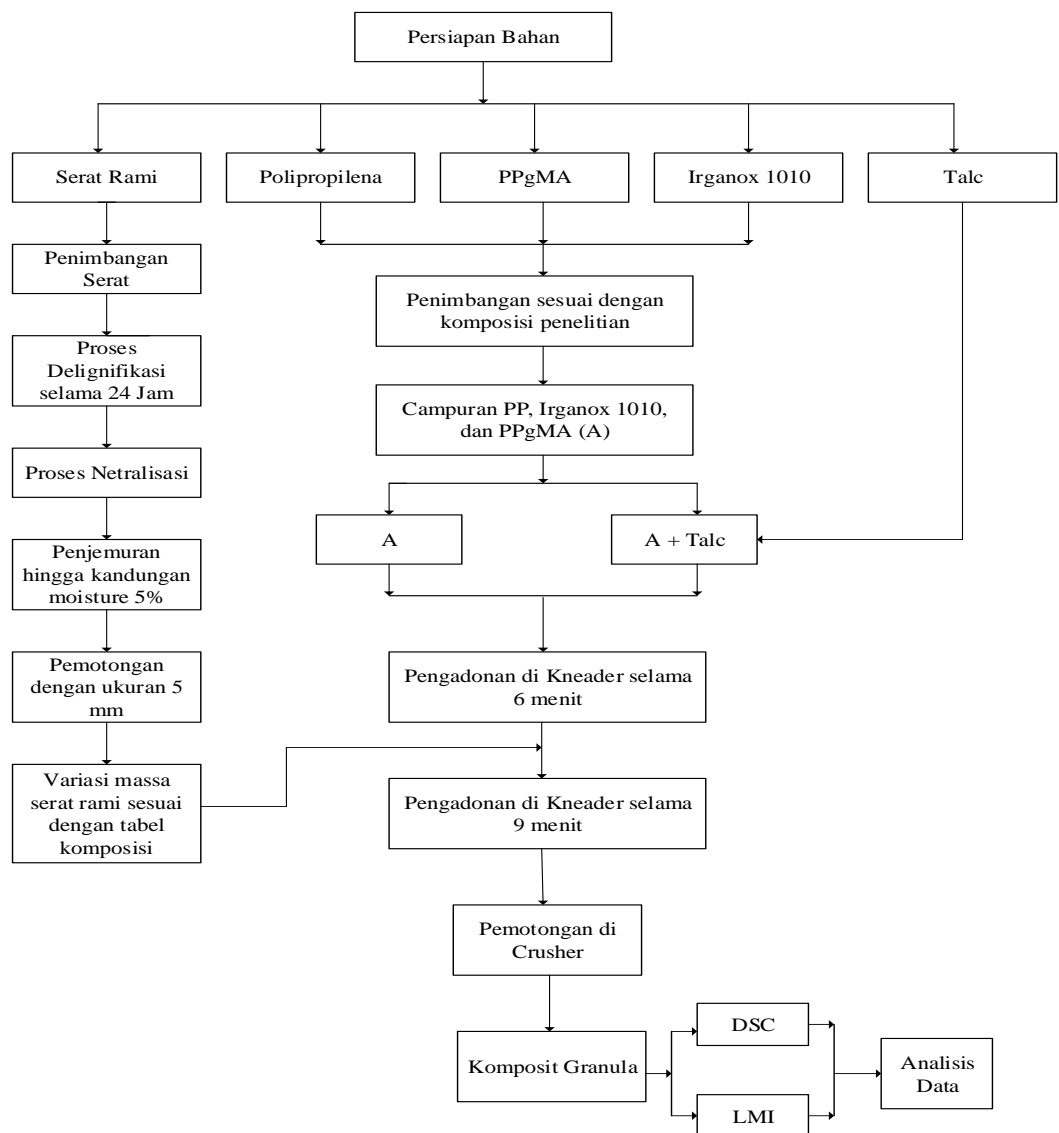
### 3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap yaitu persiapan serat rami pendek, persiapan bahan pembuatan komposit, pembuatan komposit dengan menggunakan alat *kneader & mixer* dan pengujian sifat termal (entalpi, titik leleh, dan kristalinitas) dengan menggunakan alat DSC 214 Polyma serta pengujian MFR (*Melt Flow Rate*) dengan menggunakan alat LMI Dynisco 5000 Series.

Bahan yang digunakan untuk penelitian adalah serat rami yang diperoleh dari toko “jualbijibijian”, Yogyakarta, Jawa Tengah. Serat rami pada penelitian ini bertindak sebagai penguat dari matriks PP. Resin PP jenis homopolimer dengan *injection grade-MAF 5402*, densitas 0.9 gram/cm<sup>3</sup>, *melt index* (MI=12.89 gram/10 menit) diperoleh dari PT Polytama. PP homopolimer pada penelitian ini bertindak sebagai matriks. *Polypropylene maleic anhydride grafted* (MAgPP) tipe coupler B granula diperoleh dari Pusat Teknologi Material (PTM). MAgPP dalam penelitian ini bertindak sebagai kompatibiliser. *Talc* bentuk serbuk diperoleh dari CV. Harum Kimia. *Talc* pada penelitian ini bertindak sebagai pengisi.

Antioksidan irganox 1010 dalam bentuk granula yang bertindak sebagai antioksidan. Natrium hidroksida (NaOH) 98% *flake* sebagai media untuk perendaman serat rami dalam proses delignifikasi.

Alat yang digunakan untuk membuat komposit adalah mesin *Kneader & Mixer Baihong Machinery (Shangai) Co., Ltd* untuk mencampurkan semua material-material supaya homogen dan *crusher* untuk pencacahan agar berbentuk granula sebagai hasil komposit PP berpenguat serat rami pendek.



**Gambar 3.1** Skema Diagram Sifat Termal Granula Komposit Polipropilena Berpenguat Serat Rami Pendek

### 3.4.1 Persiapan Serat Rami Pendek

Serat rami yang di peroleh dari toko “jualbijibijan”, Yogyakarta, Jawa Tengah dilakukan proses delignifikasi. Proses delignifikasi adalah proses menghilangkan lignin dan hemiselulosa pada biomassa berlignoselulosa. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan ikatan antarmuka permukaan serat sehingga nantinya dapat saling berikatan. Proses delignifikasi dilakukan kepada serat dengan prosedur yang sama. Proses delignifikasi pada serat rami adalah sebagai berikut:

1. Air untuk perendaman (  $T = 55^{\circ}\text{C}$  dan  $\text{pH} = 7$  )
2. Berat serat rami 1 = 1,345 kg
3. Preparasi larutan NaOH 6% wt

$$\% \text{ NaOH} = \frac{\text{gram NaOH}}{\text{gram Larutan}} \times 100\%$$

$$6\% = \frac{\text{gram NaOH}}{\text{gram Larutan}} \times 100\%$$

$$6\% = \frac{\text{gram NaOH}}{20.140 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{gram NaOH} = 120,84 \text{ gram} = 1,2084 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \text{gram larutan} &= \rho_{\text{larutan}} \times V_{\text{larutan}} \\ &= 1,06 \text{ g/cm}^3 \times 19.000 \text{ ml} \\ &= 20.140 \text{ gram} \end{aligned}$$

4. Melarutkan NaOH sebanyak 1,2084 kg dan menjaga suhu pada  $60^{\circ}\text{C}$
5. Berat serat rami 2 = 1,602 kg
6. Preparasi larutan NaOH 6% wt

$$\% \text{ NaOH} = \frac{\text{gram NaOH}}{\text{gram Larutan}} \times 100\%$$

$$6\% = \frac{\text{gram NaOH}}{\text{gram Larutan}} \times 100\%$$

$$6\% = \frac{\text{gram NaOH}}{18.020 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{gram NaOH} = 108,12 \text{ gram} = 1,0812 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{gram larutan} &= \rho_{\text{larutan}} \times V_{\text{larutan}} \\ &= 1,06 \text{ g/cm}^3 \times 17.000 \text{ ml} \\ &= 18.020 \text{ gram} \end{aligned}$$

7. Melarutkan NaOH sebanyak 1,0812 kg dan menjaga suhu pada  $60^{\circ}\text{C}$

8. Pengukuran pH setelah NaOH dilarutkan, dan didapat sebesar 14
9. Merendam serat ke dalam larutan NaOH selama 24 jam
10. Menetralisasi serat dengan pencucian menggunakan air mengalir sampai pH = 7 (netral)
11. Tiriskan serat, lalu timbang berat basah ( berat basah = 2060 gram)
12. Keringkan serat dengan penjemuran (penjemuran dilakukan sebanyak 6 hari)
13. Timbang berat kering ( berat kering = 1953,45 gram)
14. Hitung kandungan air (*moisture content*) pada serat yang telah dikeringkan

$$Mc = \frac{\text{Berat Basah} - \text{Berat Kering}}{\text{Berat Kering}} \times 100$$

$$Mc = \frac{2060 - 1953,45}{1953,45} \times 100$$

$$Mc = 5,45$$

15. Pemotongan serat rami dengan ukuran 5 mm.

Gambar kegiatan dapat dilihat pada lampiran.

### **3.4.2 Persiapan Bahan Pembuatan Komposit PP Berpenguat Serat Rami Pendek**

Dalam pembuatan komposit PP berpenguat serat rami pendek, bahan-bahan dipersiapkan terlebih dahulu. Bahan-bahan yang akan digunakan ditimbang sesuai dengan komposisi yang telah ditetapkan pada tabel 3.1. Komposisi yang ditimbang antara lain serat rami pendek, homopolimer PP *flake*, *polypropilene maleic anhydride grafted* (MAgPP), antioksidan irganox 1010, dan *talc*. Selanjutnya bahan-bahan tersebut yang sudah ditimbang sesuai dengan komposisi yang telah ditetapkan, maka dikumpulkan ke dalam plastik vakum dan diberi label setiap variasi.

### **3.4.3 Pembuatan Komposit PP Berpenguat Serat Rami Pendek**

Proses pencampuran seluruh bahan dengan komposisi tertentu dilakukan menggunakan mesin *kneader*. Mesin *kneader* dipilih karena kecepatan yang tinggi dan mudah dioperasikan dengan kontrol suhu yang otomatis sehingga

menghasilkan kualitas produk komposit yang homogen dan stabil. Mesin *kneader* terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu :

1. *Chamber*

*Chamber* adalah wadah tempat pencampuran bahan dengan ketebalan dinding 8 mm radius U dan sisi-sisi dindingnya 10 mm, perbedaan ketebalan tersebut dikarenakan adanya tahanan dan tekanan yang tinggi saat beroperasi.

2. Rotor dengan Dua Ulir Terpusat

Rotor pada mesin *kneader* terbuat dari baja atau besi cor yang diperkeras. Rotor ini memiliki dua ulir atau dua silinder terpusat. Ulir ini yang nantinya akan memutar 360° dan mencampur seluruh bahan yang ditekan oleh ram secara hidrolik.

**Tabel 3.2** Spesifikasi *Kneader* PT Intera Lestari Polimer

Kondisi	Keterangan
Motor Power	15 HP/6P
Voltage	380 V/50 Hz
Rotasi <i>Screw</i> Depan	52 rpm
Rotasi <i>Screw</i> Belakang	24 rpm
Suhu Maksimum Zona <i>Chamber</i>	200-230 °C
Suhu Maksimum Zona <i>Screw</i>	210-220 °C
Kapasitas	5 L

Sumber : PT Intera Lestari Polimer, 2012.

Pada proses ini bahan baku dan bahan aditif dimasukkan ke dalam mesin *kneader* yang bertujuan untuk mencampurkan semua bahan tersebut agar terdistribusi homogen. Dalam proses tersebut menggunakan teknik pengadukan dengan suhu tinggi yaitu pada suhu 168°C selama 6 menit yang diawali dengan memasukan homopolimer PP *flake*, MAgPP, antioksidan irganox 1010 dan *talc*. Pada proses pelelehan awal serat tidak ikut dicampurkan karena dikhawatirkan adanya pencampuran yang tidak merata dan dapat mengakibatkan serat menjadi gosong. Setelah itu serat rami dimasukan kedalam *kneader* selama 9 menit dengan suhu yang sama pada saat awal pencampuran. Setelah semua bahan telah tercampur dan membentuk suatu adonan, selanjutnya adonan tersebut didinginkan. Setelah adonan dingin dan mengeras, dimasukkan ke mesin *crusher* untuk dilakukan pencacahan agar berbentuk granula.

#### 3.4.4 Tahap Pengujian atau Karakterisasi

Tahap pengujian yang dilakukan yaitu pengujian sifat termal dan pengujian kecepatan aliran lelehan. Pengujian sifat termal dilakukan dalam penelitian ini untuk mengetahui nilai titik leleh, entalpi, dan kristalinitas dengan menggunakan alat DSC 214 Polyma, sedangkan pengujian kecepatan aliran lelehan untuk mengetahui nilai kecepatan aliran lelehan dengan menggunakan alat LMI Dynisco 5000 Series.

Pengujian DSC ini berdasarkan ASTM E473. Hasil yang didapatkan berupa termogram yang berisi titik puncak tertentu yang menunjukkan nilai titik leleh suatu material yang diuji. Pengujian dengan *Differential Scanning Calorimeter* (DSC) dilakukan dengan kondisi operasi dan bobot sampel sebagai berikut :

- bobot sampel 5-6 mg
- suhu dimulai dari 20°C-220°C
- fase isothermal 5 min/10 min
- laju pemanasan/pendinginan 10 K/min
- *atmosphere* N<sub>2</sub> 40 mL/min
- *crucible*: Al.

Pengujian *Melt Flow Rate* (MFR) ini dengan menggunakan alat LMI Dynisco 5000 Series. Pengujian MFR ini berdasarkan ASTM 1238. Hasil yang didapatkan berupa nilai kecepatan aliran komposit PP berpenguat serat rami pendek dalam keadaan leleh. Pengujian ini dilakukan dengan kondisi operasi dan bobot sampel sebagai berikut :

- bobot sampel : 3-8gram
- temperatur *set point* : 230°C
- beban (*load*) : 2,16 Kg
- waktu pemotongan : 10 s
- waktu pelelehan : 30 s
- jumlah pemotong : 3.

### 3.5 Metode Pengujian dan Karakterisasi

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

Prosedur penggunaan DSC 214 Polyma yaitu:

1. sebelum memulai pastikan semua suplai tabung baik itu nitrogen dan gas oksigen masing-masing 0,5 bar, setelah itu mesin DSC dapat di hidupkan
2. siapkan sampel yang akan diuji, kemudian potong sampel dengan pemotong yang telah disediakan
3. timbang berat sampel (berkisar 5-6 mg)
4. pastikan ruang yang akan diuji tidak terkontaminasi saat penggunaan dan memasukkan sampel
5. kemudian klik metode yang akan digunakan
6. kemudian setelah itu akan tampil *methode definition* lengkapi data program sampai pengisian data sebagai berikut:

- *Setup* : mengubah *crucible* yang digunakan sesuai kebutuhan
- *Header* : lengkapi data
- Temperatur program

kondisi proses :

- *purge* 1 MFC di klik dengan O = -
  - *purge* 1 MFC di klik dengan N = 20 ml/min
  - *protective* MFR standar N = 20 ml/min
  - *category* : suhu awal 20 °C
  - *step* kategori : dinamik dengan laju panas 10 K/min, isothermal 5 min
7. setelah itu klik *start* (*start* tunggu sampai temperatur *start*) kemudian klik *start* kembali.

#### 3.5.2 *Melt Flow Indexer (MFI)*

Prosedur penggunaan LMI Dynisco 5000 Series yaitu:

1. timbang sampel 3-10 gram yang dimasukkan ke dalam gelas piala 10 ml
2. atur kondisi operasi LMI Dynisco 5000 Series yaitu:
  - bobot sampel : 3-8 gram
  - temperatur *set point* : 230°C
  - beban (*load*) : 2,16 kg

- waktu pemotongan : 10 s  
waktu pelelehan : 30 s  
jumlah pemotong : 3.
3. masukkan sampel kedalam alat tersebut dengan menggunakan corong dan sambil didorong dengan piston *stainless steel*
  4. setelah sampel semua masuk kemudian pelelehan dimulai dalam waktu 30 sekon
  5. setelah 30 sekon, lelehan keluar dari orifice kemudian dipotong (*cutting*).
  6. lalu dihitung 10 sekon, dan dipotong kembali. Lakukan hal tersebut sebanyak 3 kali
  7. lalu timbang hasil tersebut
  8. masukkan data, maka akan muncul nilai MFR sampel tersebut.

### 3.5.3 Kristalinitas

Kristalinitas dapat ditentukan dari hasil pengujian DSC. Penggunaan alat DSC dapat mengukur entalpi fusi pada area endoterm. Pengukuran dari kristalinitas dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$X_c = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_f^\circ w} \times 100\%$$

dimana nilai  $\Delta H_f^\circ = 209 \text{ J/g}$  yang didapat dari 100% kristalin isotatik PP, w adalah fraksi massa PP dalam material komposit dan  $X_c$  adalah kristalinitas.

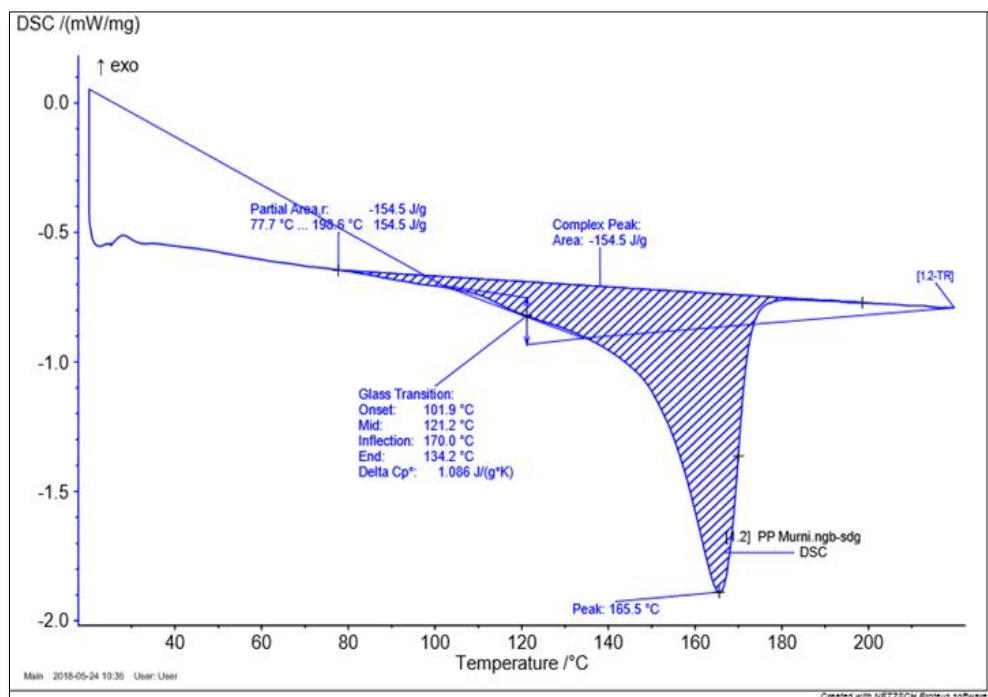
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengaruh Keberadaan *Talc* dan Persentase Massa Serat Rami Pendek Komposit PP Berpenguat Serat Rami Pendek Terhadap Sifat Termal ( $\Delta H$ , $T_m$ , Kristalinitas) dan MFR.

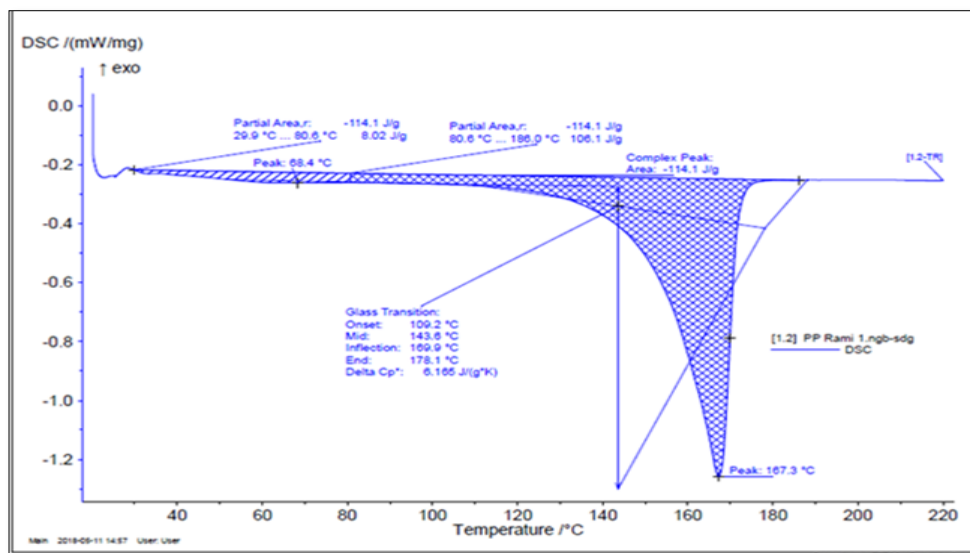
##### 4.1.1 Pengujian Titik leleh, Entalpi, dan Kristalinitas

Pengujian ini dilakukan menggunakan alat *Differential Scanning Calorimeter* (DSC) 214 Polyma. Pengujian ini dilakukan dengan memasukan sampel dalam *crucible* dan pemanasan dimulai pada suhu 20°C- 220°C dan ditahan selama 5 menit untuk fase isotermal, kemudian masuk ke fase endoterm sehingga diperoleh suhu titik leleh dan nilai perubahan entalpi suatu sampel dan selanjutnya ditahan selama 10 menit untuk fase isotermal. Berikut termogram hasil pengujian menggunakan DSC 214 Polyma :

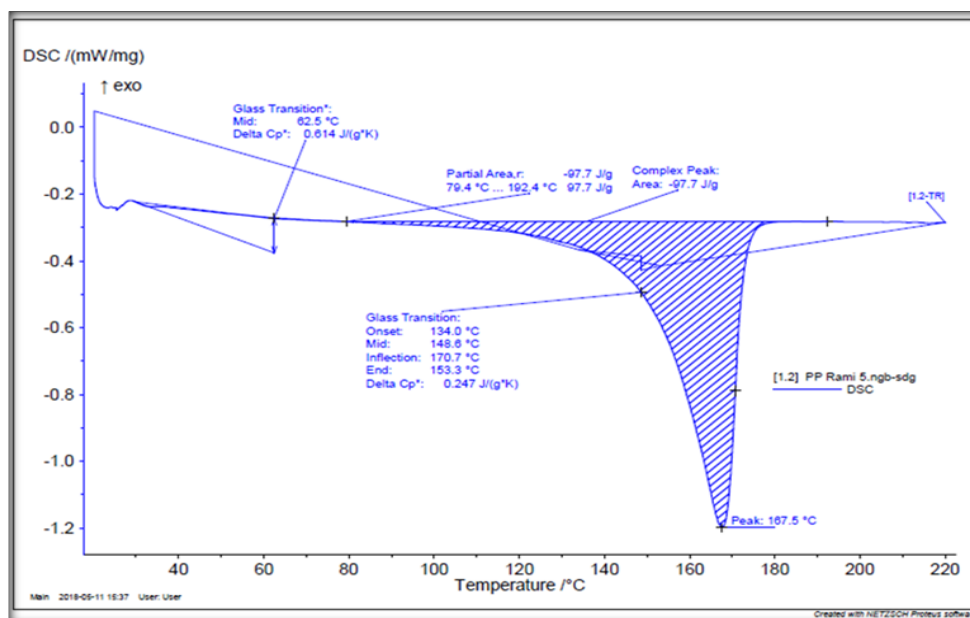


Gambar 4.1 Hasil Pengujian Resin Homopolimer PP Flake

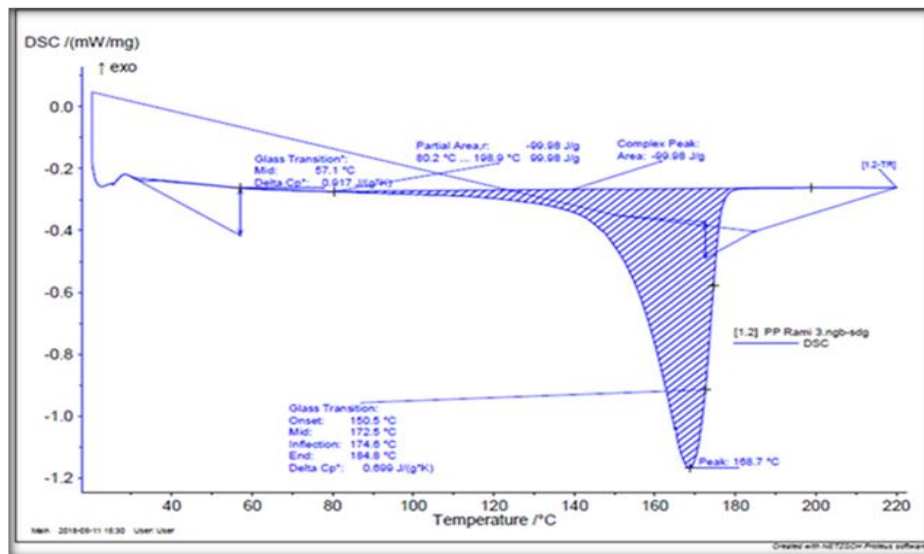
Gambar 4.1 menunjukkan hasil pengujian homopolimer PP *flake* dengan alat DSC 214 Polyma didapatkan bahwa titik leleh PP murni adalah 165,5°C, energi pembentukan/entalpi fusi ( $\Delta H_f$ ) adalah 154,5 J/g.



**Gambar 4.2** Hasil Pengujian Komposit PP Berpenguat Serat Rami Pendek 10% dengan *Talc* 0,8%



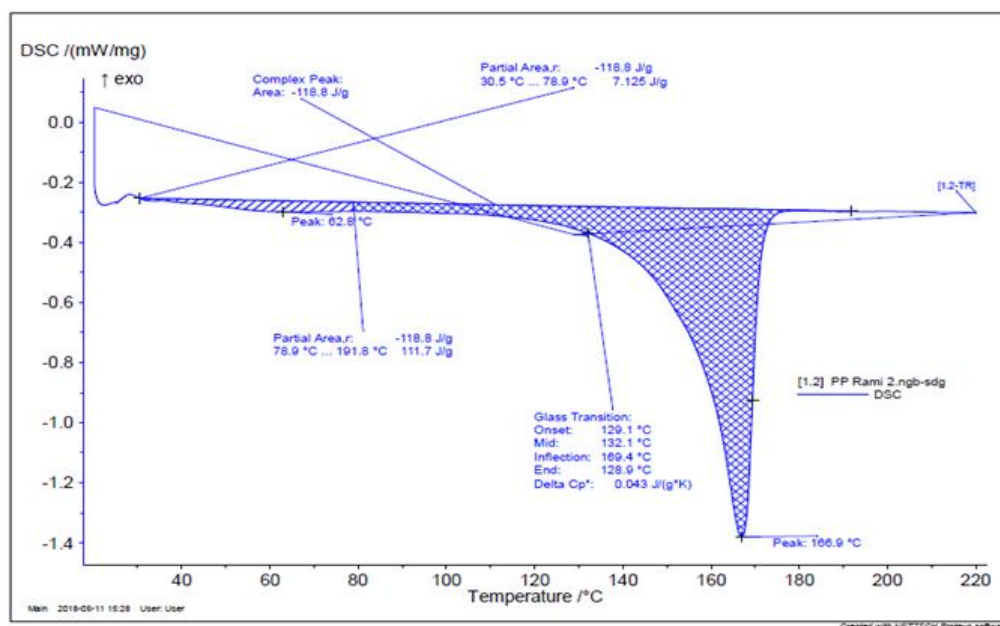
**Gambar 4.3** Hasil Pengujian Komposit PP Berpenguat Serat Rami Pendek 15% dengan *Talc* 0,8%



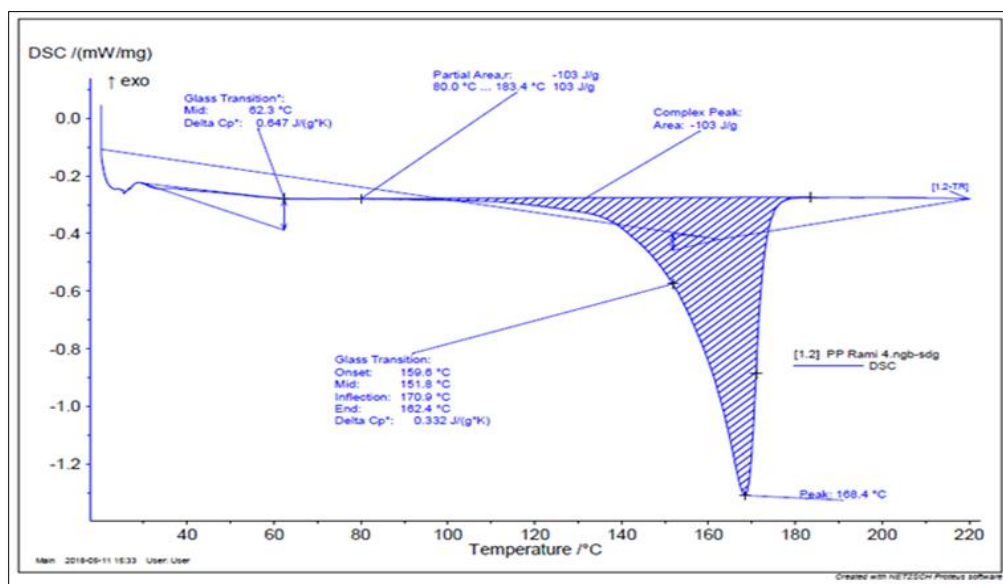
**Gambar 4.4** Hasil Pengujian Komposit PP Berpenguat Serat Rami Pendek 20% dengan *Talc* 0,8%

Gambar 4.2, Gambar 4.3, Gambar 4.4 menunjukkan hasil pengujian komposit PP berpenguat serat rami pendek dengan penambahan *talc* dan persentase massa serat menggunakan alat DSC 214 Polyma. Dari gambar 4.2 didapatkan titik leleh yaitu 167,3°C dan entalpi fusi yaitu 106,1 J/g. Dari gambar 4.3 didapatkan titik leleh yaitu 168,7°C dan entalpi fusi yaitu 99,98 J/g. Dari gambar 4.4 didapatkan titik leleh yaitu 167,5°C dan entalpi fusi yaitu 97,71 J/g. Adanya penambahan *talc* titik leleh lebih tinggi dibandingkan homopolimer PP *flake* saja. Adanya penambahan *talc* memberikan kenaikan pada titik leleh, tetapi menurunkan nilai entalpi fusi dan kristalinitas. *Talc* sebagai pengisi berfungsi meningkatkan nilai kekerasan. Meningkatnya nilai kekerasan menyebabkan komposit lebih sulit untuk terdegradasi saat proses pelelehan sehingga menaikkan titik lelehnya. Sampel serat rami 15% + *talc* memberikan nilai titik leleh paling tinggi. Nilai entalpi dengan penambahan *talc* menyebabkan penurunan daripada hanya menggunakan homopolimer PP *flake* saja. Entalpi fusi sebanding dengan kristalinitas. Sampel 10% + *talc* menunjukkan nilai entalpi fusi paling tinggi. Apabila nilai kristalinitas tinggi, maka energi pembentukan/peleburan yang dibutuhkan banyak sehingga nilai entalpi fusi tinggi dan begitu juga sebaliknya.

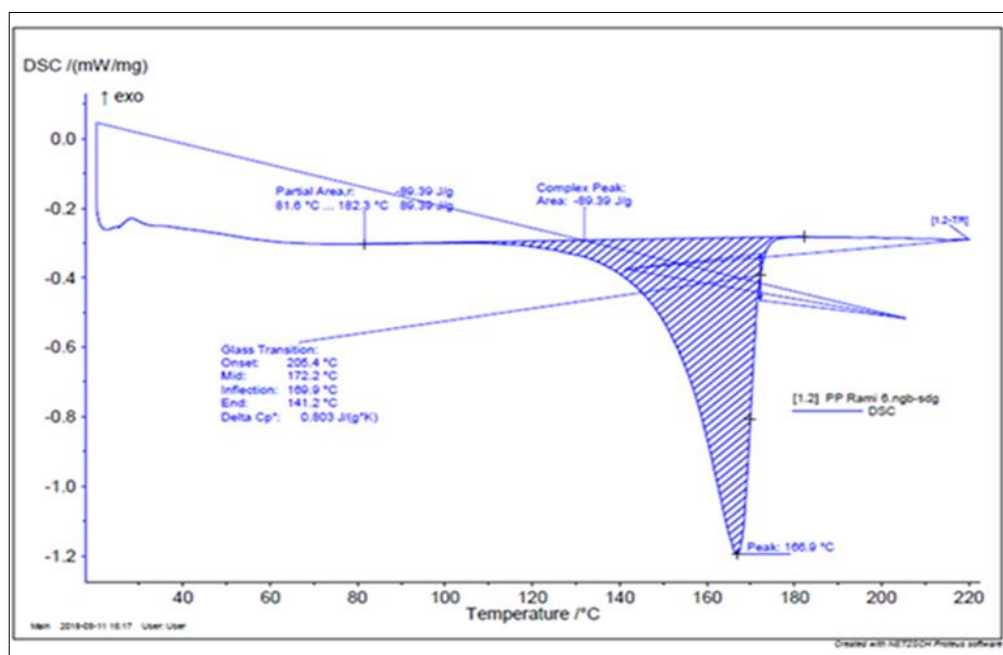
Nilai kristalinitas yang tinggi berpengaruh dalam meningkatnya nilai titik leleh dan berpengaruh dalam penurunan temperatur kristalin. Sampel 10%+ *talc* memiliki kristalinitas paling tinggi. Disimpulkan bahwa adanya penambahan *talc* hanya mempengaruhi pada nilai titik leleh, sedangkan untuk nilai entalpi fusi dan kristalinitas tidak berpengaruh. Sampel 15% + *talc* memiliki nilai titik leleh tinggi tetapi untuk nilai entalpi dan kristalinitas tidak. Hal ini mungkin disebabkan karena pencampuran yang kurang homogen antara komposisi *talc* dan penambahan serat. Pengambilan sampel untuk pengujian yang diambil secara acak dan hanya dilakukan sekali, sehingga tidak dapat membandingkan sampel bagian mana yang pencampurannya terjadi secara homogen agar hasil yang didapatkan sesuai dengan teorinya.



**Gambar 4.5** Hasil Pengujian Komposit PP Berpenguat Serat Resmi Pendek 10% Tanpa *Talc*



**Gambar 4.6** Hasil Pengujian Komposit PP Berpenguat Serat Rami Pendek 15% Tanpa *Talc*



**Gambar 4.7** Hasil Pengujian Komposit PP Berpenguat Serat Rami Pendek 20% Tanpa *Talc*

Gambar 4.5, Gambar 4.6, Gambar 4.7 menunjukkan hasil pengujian komposit PP berpenguat serat rami pendek dengan persentase massa serat tanpa *talc* menggunakan alat DSC 214 Polyma. Dari gambar 4.5 didapatkan titik leleh

yaitu 166,9°C dan entalpi fusi yaitu 117,7 J/g. Dari gambar 4.6 didapatkan titik leleh yaitu 168,4°C dan entalpi fusi yaitu 103 J/g. Dari gambar 4.7 didapatkan titik leleh yaitu 166,9°C dan entalpi fusi yaitu 89,39 J/g. Adanya persentase massa serat rami pendek, titik leleh lebih tinggi daripada hanya homopolimer PP *flake* saja karena serat mulai terdegradasi pada suhu <200°C sehingga dapat menaikkan titik lelehnya. Semakin banyak persentase massa serat rami pendek mengakibatkan titik leleh menurun, karena selulosa memiliki kelemahan yaitu rendahnya kestabilan panas. Sampel serat rami 15% tanpa *talca* memberikan nilai temperatur paling tinggi. Hal ini mungkin terjadi karena saat proses pencampuran dengan serat hingga selesai pencampuran, terjadi kerusakan di *kneader* pada bagian *heater* sehingga pemanasan menjadi tidak stabil dan distribusi serat menjadi tidak merata. Sampel 10% tanpa *talca* merupakan sampel terbaik. Nilai entalpi fusi dengan persentase massa serat rami pendek menyebabkan penurunan dibandingkan homopolimer PP *flake* saja. Entalpi fusi sebanding dengan nilai kristalinitas. Apabila nilai kristalinitas tinggi, maka energi pembentukan/peleburan yang dibutuhkan banyak sehingga nilai entalpi fusi tinggi dan terjadi juga sebaliknya. Sampel 10% tanpa *talca* menunjukkan nilai entalpi paling tinggi. Nilai kristalinitas dengan persentase massa serat rami pendek menyebabkan penurunan dibandingkan homopolimer PP *flake* saja. Kristalinitas berdampak pada kerapatan molekul komposit itu sendiri sehingga berpengaruh pada sifat termal komposit. Komposit dengan fasa kristal yang lebih banyak cenderung lebih kuat dan tidak mudah terdekomposisi terhadap suhu tinggi. Hal tersebut terjadi karena serat rami memiliki struktur permukaan yang halus sehingga cukup sulit untuk berikatan dengan matriksnya. Permukaan serat yang lebih halus sangat sulit sebagai pembentuk inti kristal dan pertumbuhan kristal di dalam komposit sehingga kristal mudah terbentuk pada massa serat yang sedikit. Sampel 10% tanpa *talca* memiliki kristalinitas terbaik.

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Sifat Termal dengan Menggunakan DSC 214 Polyma

Sampel	Titik leleh( $T_m$ ) ( $^{\circ}\text{C}$ )	Entalpi fusi ( $\Delta H_f$ ) (kJ/kg)	Kristalinitas ( $X_c$ ) (%)
Homopolimer PP <i>Flake</i>	165,5	145,5	69,62
Serat Rami 10% + <i>talc</i>	167,3	106,1	45,69
Serat Rami 10% tanpa <i>talc</i>	166,9	111,7	48,10
Serat Rami 15% + <i>talc</i>	168,7	99,98	40,66
Serat Rami 15% tanpa <i>talc</i>	168,4	103	41,89
Serat Rami 20% + <i>talc</i>	167,5	97,7	37,40
Serat Rami 20% tanpa <i>talc</i>	166,9	89,39	32,42

**Tabel 4.2** Hasil Perhitungan Kristalinitas

Sampel	Entalpi Fusi PP (J/g)	Entalpi Fusi 100% PP (J/g)	Fraksi Massa PP dalam Komposit ( $x_p$ )	Kristalinitas ( $X_c$ ) (%)
Serat Rami 10% + <i>talc</i>	106,1	209	0,9	45,69
Serat Rami 10% tanpa <i>talc</i>	111,7	209	0,9	48,10
Serat Rami 15% + <i>talc</i>	99,98	209	0,85	40,66
Serat Rami 15% tanpa <i>talc</i>	103	209	0,85	41,89
Serat Rami 20% + <i>talc</i>	97,79	209	0,8	37,40
Serat rami 20% tanpa <i>talc</i>	89,93	209	0,8	32,42

Entalpi fusi 100% PP yaitu entalpi yang didapat dari 100% kristalin isotaktik PP yang nilainya yaitu 209 J/g [55].

#### 4.1.2 Pengujian *Melt Flow Rate*

Pada pengujian ini, nilai aliran lelehan komposit (MFR) didapatkan dengan menggunakan alat MFI (Melt Flow Indexer) Dynisco 5000 Series. Data yang diperoleh dari pengujian ini adalah gambaran dari kecepatan aliran lelehan komposit. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengujian ini adalah ketepatan dalam pemotongan lelehan setiap sepuluh detiknya dan menghindari adanya gelembung udara pada lelehan yang nantinya dapat mempengaruhi hasil MFR.

**Tabel 4.3** Hasil Pengujian MFR dengan Menggunakan LMI Dynisco 5000 Series.

Sampel	1	2	3	Rata-rata MFR (g/10min)
Homopolimer PP <i>flake</i>	17,040	16,020	5,486	12.849
Serat Rami 10% + <i>talc</i>	3,436	3,720	4,200	3,785
Serat Rami 10% tanpa <i>talc</i>	6,060	5,940	5,640	5,880
Serat Rami 15% + <i>talc</i>	4,200	5,067	4,867	4,711
Serat Rami 15% tanpa <i>talc</i>	5,880	5,340	5,340	5,520
Serat Rami 20% + <i>talc</i>	4,920	3,600	3,600	4,060
Serat Rami 20% tanpa <i>talc</i>	5,820	5,640	5,520	5,660

Hasil Pengujian MFR menunjukkan bahwa adanya penambahan *talc* dan persentase massa serat, nilai MFR yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan homopolimer PP *flake* saja. Dengan adanya penambahan *talc* nilai MFR meningkat. Hal ini sesuai dengan literatur dari Harutun, Karian G, 2013 yang mengatakan bahwa dengan adanya penambahan *talc* pada komposit PP sedikit menaikkan nilai MFR tersebut, namun berdasarkan literatur ini pengaruh penambahan *talc* terhadap nilai MFR tidak begitu terpengaruh karena komposisinya yang terlalu sedikit [53]. Dengan adanya penambahan *talc*, sampel serat rami 10% + *talc* adalah sampel terbaik. Dengan adanya penambahan persentase massa serat viskositas campuran dapat meningkat dan menyebabkan nilai MFR menurun. Menurut Seifali (2011) pada penelitiannya yang melakukan pengujian MFR pada produk polimer menjelaskan bahwa nilai MFR dikatakan baik jika memiliki nilai MFR yang rendah karena rendahnya nilai MFR dapat menjadikan material semakin kental, sehingga tahan terhadap kestabilan panas [56]. Sampel serat rami 10% tanpa *talc* memiliki nilai MFR yang terbaik. Namun pada sampel 20% + *talc* dan sampel 20% tanpa *talc* terjadi kesalahan dikarenakan terjadi kesalahan proses. Hal ini disebabkan karena pada saat memasukkan serat ke dalam *chamber* terlalu lama dan suhu di *kneader* mengalami penurunan, serta pada saat proses memasukkan serat ke dalam *chamber*, set waktu di *kneader* tidak

diberhentikan sehingga pada saat proses pencampuran kembali waktu menjadi lebih singkat dan menyebabkan pencampuran tidak terdistribusi secara merata.

#### **4.2 Komposisi Komposit PP Berpenguat Serat Rami Pendek dengan Sifat Termal ( $\Delta H$ , $T_m$ , Kristalinitas) dan MFR yang Baik**

##### **4.2.1 Pengujian Titik leleh, Entalpi, dan Kristalinitas**

Pengujian ini dilakukan menggunakan alat *Differential Scanning Calorimeter* (DSC)214 Polyma. Adanya penambahan *talca* dan persentase massa serat akan mempengaruhi sifat termal (titik leleh, entalpi dan kristalinitas).

Adanya penambahan *talca* pada komposit PP berpenguat serat rami didapatkan hasil terbaik dengan serat rami 10% + *talca*. *Talca* disini sebagai pengisi berfungsi meningkatkan nilai kekerasan. Meningkatnya nilai kekerasan menyebabkan komposit lebih sulit untuk terdegradasi saat proses pelelehan sehingga menaikkan titik lelehnya. Adanya penambahan *talca* hanya berpengaruh untuk nilai titik leleh. Sedangkan untuk entalpi dan kristalinitas tidak berpengaruh. Adanya perubahan titik leleh dapat menentukan kristalinitas dan entalpi yang dihasilkan.

Adanya persentase massa serat rami pendek di dapatkan hasil terbaik pada serat rami 10% tanpa *talca*. Berdasarkan salah satu literatur dari Harutun (2013) mengatakan bahwa selulosa memiliki kelemahan yaitu rendahnya kestabilan terhadap panas [53]. Penambahan serat dapat menurunkan nilai kristalinitas. Hal ini terjadi karena serat rami memiliki struktur permukaan yang halus sehingga cukup sulit untuk berikatan dengan matriksnya. Permukaan serat yang lebih halus sangat sulit sebagai pembentuk inti kristal dan pertumbuhan kristal di dalam komposit sehingga kristal mudah terbentuk pada massa serat yang sedikit. Nilai entalpi tergantung terhadap kristalinitasnya.

##### **4.2.2 Pengujian Melt Flow Rate**

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat LMI Dynicos 500 Series. Adanya keberadaan *talca* dan persentase massa serat rami pendek mempengaruhi nilai MFR yaitu pada kestabilan panas. Nilai MFR yang rendah dapat menjadikan material semakin kental, sehingga dapat tahan terhadap

kestabilan panas. Adanya penambahan *talca*, hasil terbaik pada sampel 10% + *talca*. Adanya persentase massa serat rami pendek hasil terbaik pada sampel 10% tanpa *talca*.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis data hasil penelitian yang telah kami lakukan, maka penelitian ini dapat disimpulkan :

1. Pengaruh keberadaan *talc* dan persentase massa serat rami pendek komposit PP berpenguat serat rami pendek terhadap sifat termal ( $\Delta H$ ,  $T_m$ , kristalinitas) dan MFR :
  - a. Keberadaan *talc* mengakibatkan terjadi peningkatan nilai titik leleh karena *talc* sebagai pengisi berfungsi meningkatkan nilai kekerasan sehingga lebih sulit untuk terdegradasi.
  - b. Keberadaan *talc* menyebabkan nilai MFR lebih kecil dibandingkan dengan tidak adanya *talc* tetapi tidak terlalu berpengaruh, karena komposisi yang digunakan sedikit.
  - c. Penambahan persentase massa serat rami pendek mengakibatkan nilai titik leleh menurun, karena sifat selulosa yang kurang stabil terhadap panas.
  - d. Penambahan persentase serat rami pendek mengakibatkan nilai kristalinitas menurun, karena permukaan serat yang halus dapat menyulitkan pembentukan inti kristal dan pertumbuhan kristal di dalam komposit.
  - e. Penambahan persentase massa serat rami mengakibatkan kecepatan aliran lelehan menurun, karena viskositas dari campuran meningkat.
2. Komposisi komposit PP berpenguat serat rami pendek dengan sifat termal ( $\Delta H$ ,  $T_m$ , Kristalinitas) dan kecepatan aliran lelehan yang baik yaitu terdapat pada sampel 10% + *talc* dengan rincian komposisi yaitu 10% (wt) serat rami, 90% (wt) PP dan penambahan *talc* 0,8%.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah kami lakukan, maka dapat disarankan :

1. Diperlukannya inovasi alat untuk pemotong serat rami, agar penelitian selanjutnya dapat terus dikembangkan.
2. Diperlukannya wadah/ tempat kedap udara (*drying box*) untuk menyimpan serat yang telah di delignifikasi agar kondisi serat tetap terjaga kelembapannya.
3. Diperlukan bahan kimia yang sesuai untuk membersihkan corong pada alat MFI.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Hill, K, Menk, dan D, Cregger, J. 2015. Contribution of the Automotive Industry to the Economies of All Fifty States and the United States. Center for Automotive Research, Alliance of Automobile Manufacturers: Washington DC.
2. EPA. 2013. Transportation Sector Emissions. Emissions and Trends. <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/sources/transportation.html>
3. Boden, T.A, Marland, G, dan Andres, R.G. 2010. Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO<sub>2</sub> Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy Oak Ridge. [http://dx.doi.org/10.3334/cdiac/00001\\_v2010](http://dx.doi.org/10.3334/cdiac/00001_v2010)
4. NIST. 2014. Energy Advantages of Shedding Weight. Center for Automotive Light weighting. <http://www.nist.gov/lightweighting/ncalfeature.cfm>
5. Onggo, Holia. Subowo, Wiwik dan Sudirman, 2015. Analisis Sifat Termal Komposit Polipropilena-Kenaf. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Pusat Penelitian Fisika: Bandung.
6. Ing. Eva Aková. 2013. Development Of Natural Fiber Reinforced Polymer Composites.
7. Pervaiz, Muhammad, Suhara, Pathapulakkal, Sain, Mohini, Tjong, Jimi. 2016. Emerging Trends In Automotive Lightweighting Through Novel Composite Materials.
8. Vekatesh, Prasanna. 2016. Tensile, Flexual, Impact and Water Absorption Properties of Natural Fibre Reinforced Polyester Hybrid Composites, *Fibres &Textiles in Eastern Europe*, 3 (117).

9. A.K, Mohanty, M, Misra dan T.L. Drzal. 2005. Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites. Taylor and Francis Group. LLC.
10. M, Waryat, Romli, M. 2013. Using of Compatibilizer for Improve Morphological Physical and Mechanical Properties of Biodegradable Plastic from Thermoplastic Polyethylene Blends. Indonesian of Jurnal Materials Science. Vol. 14, No. 3, April 2013, hal : 214 – 221.
11. Arbelaiz, A, Ramos, J.A. 2005 Thermal and Crystallization Studie s of Short Flax Fibre Reinforced Polypropylene Matrikx Composite: Effect of Treatments. Thermochimia Acta 440 (2006) 111-121.
12. Li-Ping, He, Yong, dan Tian, Lu-Ling, Wang. 2008. Study on Ramie Fiber Reinforced Polypropylene Composites and Its Mechanical Properties. Advanced Materials Research Vols. 41-42 pp 313-316.
13. P.V. Josepha, K. Josepha, S. Thomasb, C.K.S. Pillaic, V.S. Prasadc, G. Groeninckxd, Mariana Sarkissovad. 2003 The Thermal and Crystallisation Studie s of Short Sisal Fibre Reinforced Polypropylene Composites. Applied Scince and Manufacturing. Composite Part A 34 (2003) 253–266.
14. Ilschner B, Joseph K Less, Ashok K Dhingra, dan McCullough. 2011. *Composite Materials*, Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry, Seventh Edition, New Yorks: John Wiley & Sons, Inc.
15. Lee Byoung-Ho, Hyun-Joong Kim, dan Woong-Ryeol Yu. 2009. Fabrication of Long and Discontinuous Natural Fiber Reinforced Polypropylene Biocomposites and Their Mechanical Properties, Fiber and Polymers. Volume 10, 83-90, 2009.
16. Gibson, Ronald. 1994 Principles of Composite Material Mechanics. New York : Mc Graw Hill,Inc.
17. F.C. Campbell. 2010. *“Introduction to Composites Material”* ASM International.
18. K. Van Rijswijk, 2001. *Application of Natural Fibre Composite In Development of Rural Societies*. Laboratory Faculty of Aerospace Engineering. Delft University of Technology.

19. Matthews, F.L., Rawlings, RD. 1993 *Composite Material Engineering and Science*, Imperial College Of Science, Technology and Medicine: London.
20. Wolf Klarence. 2004. *Composite Material, Thermoplastic Polymer-Matrix*. Kirk Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. Vol. 6 Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc: New York.
21. Ronald S Bauer, Steven L Stewart, dan Stenzenberger. 2004. *Composite Material, Thermoset Polymer-Matrix*. Kirk Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. Vol. 6 Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc: New York.
22. Jr. Callister. 2000. *Materials Science and Engineering*, Department of Metallurgical Engineering University of Utah. University of Utah.
23. Richard K. Cullen, Mary Margaret Singh, dan John Summerscales. 2013. *Characterisation of Natural Fibre Reinforcements and Composites*. School Of Marine Science and Engineering.
24. J. R. White, dan S. K. De. 1996. *Short Fiber Polymer Composite*.
25. G.J Dvorak and Y.A Bahei-El-Din. 1998. *Plasticity Analysis of Fibrous Composite*.
26. Courtney, TH. 1999. *Mechanical Behavior Of Material*. Mc. Graw, Hill International Engineering. Material Science/Metallurgy Series.
27. Malcolm, P.S. 1989. *Kimia Polimer*, Terjemahan Paramita Jakarta.
28. Kissel J. William, James H. Han, dan Jeffrey A. Meyer. 2003. *Polypropylene: Structure, Properties, Manufacturing Processes, and Applications*. Handbook of Polypropylene and Polypropylene Composites. Second Edition, Revised and Expanded, 25-48.
29. Cowd, M.A. dan Starle, J.G. 1991. *Kimia Polimer*. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
30. Andy dan Walter. 2005. *Fillers*. Kirk Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 11 Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc: New Yorks.
31. Suryaneta. 2007. *Kinerja Serat Rami Segaimana Reinforcement Pada Polimer Komposit Untuk Panel Rompi Tahan Peluru*.

32. Billmeyer, W.F. 1984 *Text Book of Polymer Science*. 3rd, John Wiley and Sons, Inc: New York.
33. Perumalsamy N. Balaguru, dan S. P. Shah. 2003. *Fiber-Reinforced Cement Composites*. First Edition.
34. Bentur, Arnon, dan Sidney Mindess. 2007. *Fibre Reinforces Cementitious Composites*.
35. Kozlowski, R., Rawluk, M., dan Bariiga-Bedoya, J. 2005. *Ramie*. In Franck R.R (Ed), *Bast and Other Plant Fibers (207-226)*. The Textile Institute: Woodhead Publishing Ltd.
36. Musaddad, M.A. 2007. *Agribisnis Tanaman Rami*. Panebar Swadaya: Depok.
37. Arman, C.G., Canning, A.J., dan Mykoluk, S. 1978. Cultivation, Extraction and Processing of Ramie Fibre. *Trop. Sci.*, 202, 91.
38. Angelini, L.G., Lazzeri, A., Levita, G., Fontanelli, D. dan Bozzi, C. 2000. Ramie (*Boehmerianivea (L.) Gaud.*) and Spanish Broom (*Spartium junceum L.*) fibres for composite materials: agronomical aspects, morphology and mechanical properties.
39. Dody Yulianto. 2008. "*Rekayasa dan Prototip Manufaktur Komposit Berpenguat Serat Alam (Rami/Boehmeria Nivea) Untuk Aplikasi Panel Interior Otomotif*". Universitas Indonesia: Depok.
40. Bramantiyo, Amar. 2008. "*Pengaruh Konsentrasi Serat Rami Terhadap Sifat Mekanik Material Komposit Poliester-Serat Alam*". Universitas Indonesia: Depok.
41. Frenz Alfred, Bertoniere, Malcom Brown, Henri Chanzy, Derek Gray, Kayuzuki Hattori, dan Wolfgang Glasser. 2004. *Celluloce*. Kirk Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. Volume 5 Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc: New Yorks.
42. Thompson Norman. 2004. *Hemicelluloce* . Kirk Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. Volume 15 Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc : New Yorks.

43. Lebbo Stuart, Jerry Gargulak, dan Timothy McNally. 2005. *Lignin*. Kirk Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. Volume 15 Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc: New Yorks.
44. H.M. Akil, M.F. Omar, A.A.M. Marzuki, S. Safiee, Z.A.M. Ishak, A. Abu Bakar. 2011. Kenaf Fiber Reinforced Composites. *Journal Elsevier Materials and Design*. 4110.
45. Simpson, T William. 2011. Drying and Control of Moisture Content and Dimensional Changes.
46. R.M. Jones. 1975. *Mechanics of Composite Material*. McGraw-Hill kogakusha,LTD: Wangingthon.
47. Betekhtin, A.2007. *A Course Of Mineralogy*. Peace Publisher.
48. Zhou, Y. 2005. Experimental Study on Thermal and Mechanical Behaviour of Polypropylene, Talc/ Polypropylene and Polypropylene of Nanoclay-Filled Polypropylene.Wiley Periodicals Inc.
49. S. H. P Bettini, dan J, A, M Angelli. 1999. Grafting of Maleic Anhydride Onto Polypropylene by Reactive Processin. Effect Of Maleic Anhydride and Peroxide Concentrations On The Reaction. *Journal Of Applied Polymer Science*. 74(2).
50. Schmutz, T, dan Stadie r, U. 2005. Advenced Processing and Light Stabilisers for Rotational Moulding . *Journal Ciba Specialty Chemicals*.
51. Holbery, james dan Dan Houston. 2006. Natural Fiber Reinforced Polymer Composites in Automotive Applications.
52. Saeed RM, J. P. Schlegel, C. Castano, dan R. Sawafta. 2016. Uncertainty of Thermal Characterization of Phase Change Material by Differential Scanning Calorimetry Analysis. Departement of Nuclear Engineering.
53. Harutun G. Karian. 2003. *Handbook Of Polypropylene and Polypropylene*.
54. Ramkumar PL, D.M. Kulkarni, V.V.R Abhijit, dan Aditya Cherukumudi. 2014. Investigation of Melt Flow Index and Impact Strength of Foamed LLDPE for Rational Moulding Process. *Jurnal Elsevier. Procedia Materials Science*.361- 367, 2014.

55. Wang, K, Addiego, F, Ahzi, S, Remond, Y, Ruch, D, dan Muller, R. 2013. Effect of Talc Content on the Degradation of Re-extruded Polypropylene/Talc Composite. *Polymer Degradation and Stability*. 981275-1286.
56. Seifali, Mehrdad. 2011. Effect of Melt Flow Index and Melt Flow Rate on the Thermal Degradation Kinetic of Commercial Polyolefins. *Polymerization Engineering*. Iran Polymer and Petrochemical Institute. Islamic Republic of Iran.

**LAMPIRAN A**  
**ALAT DAN BAHAN**



DSC 214 Polyma



LMI Dynisco 5000 Series



*Kneader & Mixer*



*Crusher*



Neraca Digital Analitis



Neraca Digital Teknis

## LAMPIRAN A (LANJUTAN)

### ALAT DAN BAHAN



Ember



Termometer Air Raksa



Plastik Vakum



Gelas Kimia 500 ml Pyrex



pH indikator universal MERCK



Batang Pengaduk Kaca

## LAMPIRAN A (LANJUTAN)

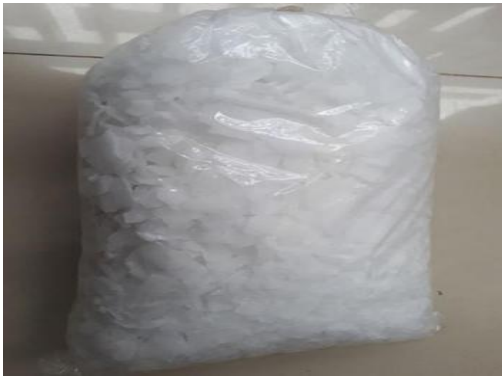
### ALAT DAN BAHAN



Piala Gelas 10 ml Pyrex



Gunting



Serat Rami



Homopolimer PP *Flake*



NaOH *Flake* 98%

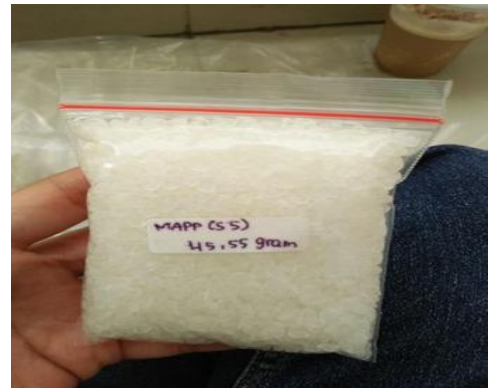


Talc

**LAMPIRAN A (LANJUTAN)**  
**ALAT DAN BAHAN**



Antioksidan Irganox 1010



MAGPP

**LAMPIRAN B**  
**PROSES PENELITIAN**



Perendaman Serat



Air Hasil Perendaman Serat



Penjemuran Serat Rami



Hasil Pematangan Serat Rami



Proses Pencampuran PP dan Aditif



Proses Penambahan Serat

## LAMPIRAN B (LANJUTAN)

### PROSES PENELITIAN



Hasil Pencampuran PP, Aditif,  
dan Serat



Proses Pencucian *Kneader*



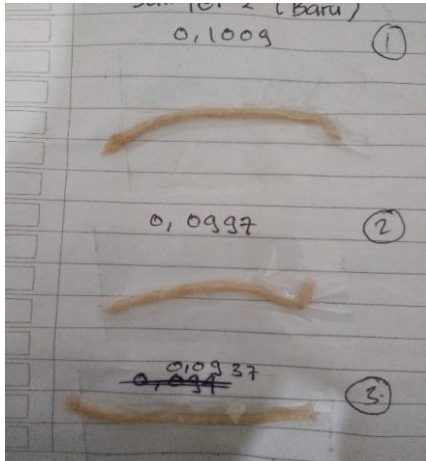
Pendinginan Hasil Komposit



Hasil Granula Komposit

## LAMPIRAN B (LANJUTAN)

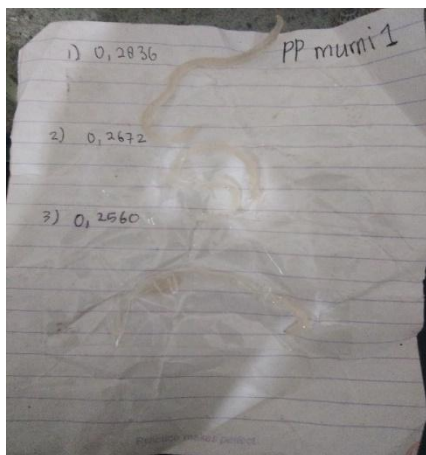
### PROSES PENELITIAN



Hasil Pengujian MFR Komposit



Penimbangan Sampel Untuk  
Pengujian DSC



Hasil Pengujian MFR PP Flake

## LAMPIRAN C

### Hasil Uji Kecepatan Aliran Lelehan (MFR)

---

Machine ID: LMI	Result Type: Secondary
Orifice Length: 8.0 mm	Orifice Diameter: 2.095 mm
Test Method: A	Temp. Set Point: 230 °C
Melt Time: 30 s	Load: 2.160 kg
Number of cuts: 3	Cut time: 10 s

---

Sampel	Time (sec)	Weight (G)	MFR (G/min)
1	11	0.063	3.436
2	10	0.062	3.720
3	10	0.070	4.200
Average			3.785
Std Dev			0.386
Coef of Variance			10.197

---

Hasil Pengujian Komposit Serat Rami 10% & *Talc* 0,8%

Sampel	Time (sec)	Weight (G)	MFR (G/min)
1	10	0.101	6.060
2	10	0.099	5.940
3	10	0.094	5.640
Average			5.880
Std Dev			0.216
Coef of Variance			3.679

---

Hasil Pengujian Komposit Serat Rami 10% Tanpa *Talc*

Sampel	Time (sec)	Weight (G)	MFR (G/min)
1	10	0.070	4.200
2	9	0.076	5.067
3	9	0.073	4.867
Average			4.711
Std Dev			0.454
Coef of Variance			9.632

---

Hasil Pengujian Komposit Serat Rami 15% & *Talc* 0,8%

Sampel	Time (sec)	Weight (G)	MFR (G/min)
1	10	0.098	5.880
2	10	0.089	5.340
3	10	0.089	5.340
Average			5.520
Std Dev			0.312
Coef of Variance			5.648

Hasil Pengujian Komposit Serat Rami 15% Tanpa *Talc*

Sampel	Time (sec)	Weight (G)	MFR (G/min)
1	10	0.082	4.920
2	10	0.060	3.600
3	10	0.061	3.660
Average			4.060
Std Dev			0.745
Coef of Variance			18.359

Hasil Pengujian Komposit Serat Rami 20% & *Talc* 0,8%

Sampel	Time (sec)	Weight (g)	MFR (G/min)
1	10	0.097	5.820
2	10	0.094	5.640
3	10	0.092	5.520
Average			5.660
Std Dev			0.151
Coef of Variance			2.668

Hasil Pengujian Komposit Serat Rami 20% Tanpa *Talc*

Sampel	Time (sec)	Weight (g)	MFR (G/min)
1	10	0.284	17.040
2	10	0.267	16.020
3	28	0.256	5.486
Average			12.849
Std Dev			6.397
Coef of Variance			49.786

Hasil Pengujian Homopolimer PP *Flake*

## LAMPIRAN D

### PERHITUNGAN KRISTALINITAS

$$X_c = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_f^\circ w} \times 100\%$$

Keterangan :

$X_c$  : Kristalinitas (%)

$\Delta H_f$  : Entalpi Fusi Sampel (J/g)

$\Delta H_f^\circ$  : Entalpi Fusi 100% PP (J/g)

$w$  : Fraksi Massa Homopolimer PP *Flake* dalam Komposit

Sampel Serat 10%+*Talc*

$$X_c = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_f^\circ w} \times 100\%$$

$$X_c = \frac{106,1 \text{ J/g}}{209 \text{ J/g} \cdot 0,9} \times 100\%$$

$$X_c = 45,69\%$$

Sampel Serat 15%+ *Talc*

$$X_c = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_f^\circ w} \times 100\%$$

$$X_c = \frac{99,98 \text{ J/g}}{209 \text{ J/g} \cdot 0,85} \times 100\%$$

$$X_c = 40,66\%$$

Sampel Serat 20%+Talc

$$X_c = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_f^\circ w} \times 100\%$$

$$X_c = \frac{97,70 \text{ J/g}}{209 \text{ J/g} \cdot 0,80} \times 100\%$$

$$X_c = 37,40\%$$

Sampel Serat 10% Tanpa Talc

$$X_c = \frac{\Delta H_{f100}}{\Delta H_f^\circ w} \times 100\%$$

$$X_c = \frac{111,7 \text{ J/g}}{209 \text{ J/g} \cdot 0,9} \times 100\%$$

$$X_c = 48,10\%$$

Sampel Serat 15% Tanpa Talc

$$X_c = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_f^\circ w} \times 100\%$$

$$X_c = \frac{103 \text{ J/g}}{209 \text{ J/g} \cdot 0,85} \times 100\%$$

$$X_c = 41,89\%$$

Sampel Serat 20% Tanpa Talc

$$X_c = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_f^\circ w} \times 100\%$$

$$X_c = \frac{89,93 \text{ J/g}}{209 \text{ J/g} \cdot 0,8} \times 100\%$$

$$X_c = 34,42\%$$

# MSDS Antioioxidant Irganox 1010

**RichYu**  
Chemical Co., Ltd.

TAIPEI OFFICE  
TEL: 886-2-27251834; FAX: 886-2-27203897  
NAN-TOAU FACTORY:  
TEL: 886-49-2261928; FAX: 886-49-2258023  
NO. 51 INDUSTRIAL RD., NAN-KANG  
INDUSTRIAL ZONE, NAN-TOAU CITY, TAIWAN,  
R.O.C.

## CERTIFICATE OF ANALYSIS

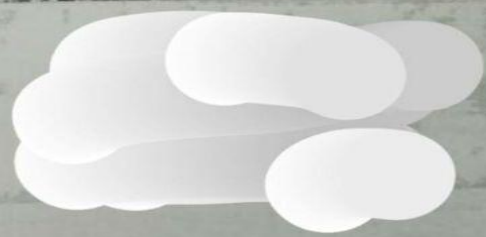
RICHNOX B215G  
DARE: 2017/09/06  
1060829011

Customer's order NO.: H-005/VIII/W/M/PO/

PRODUCTION DATE	2017/09/05	2017/09/05		
LOT NO	709001R	709002R		
BAG (20KG)	250	250		
APPEARANCE	WHITE GRANULE	WHITE GRANULE		
VOLATILE MATTER (0.5% MAX)	0.09	0.09		
COLOR OF SOLUTION				
TRANSMITTANCE 425NM(95% MIN)	99.74	99.72		
500NM(97%MIN)	99.95	99.96		
APHA (50 MAX)	10	10		
SOLUTION CLARITY	CLEAR	CLEAR		
ASH CONTENT (0.1%,MAX)	0.01	0.01		
HYDROLYSIS 20H MIN	>20H	>20H		
RICHNOX 1010(33-35%) RICHFOS 168(65-67%)	PASS	PASS		

RICHYU CHEMICAL CO., LTD.

*[Signature]*



## MSDS PPgMA

**【 ALL GONG: maleic anhydrid grafted polypropylene】**

**Brand:** ALL GONG

**Effective Substance Content:**100%

**Specifications:** 25KG / piece

### **function:**

Use as a compatibilizer , Solve two plasitcs polymers incompatible conflicts and improve plastics properties, thus endow a good compatibility . 2. Improve PP plastics product properties, to have a good compatibility

**Usage:** add it when mixing materials, and mixing it with the outlet materials, renewable materials and raw materials for 5-8 minutes, after mixed even ,the heating roasted material can be used for extrusion, injection molding or blow molding.

### **Physical property :**

Carrier : PP

Melt Flow Rate MFR : 0.5-1.0 (190 °C, 2.16KG)

Grafting Ratio : 1.2-1.8 (g/10min)

Density : 0.93

Appearance : granule

**Packaging :** Paper-Poly Pouch/ Plastic box /Carton Box

**Storage :** pay attention to the moisture, sunshine and pollution

# MSDS POLIPROPILENA BENTUK *FLAKE*



## MATERIAL SAFETY DATA SHEET

Masplene®-MSDS

Form no : 234/MQ04-14-R03

### SECTION 1 – IDENTIFICATION

Trade Code : Masplene®  
Product Class : Plastic Homopolymer resin  
Chemicals Name : Homopolymer Polypropylene resin  
Formula : (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>)<sub>n</sub>  
Manufacturer : PT Polytama Propindo  
Office : MidPlaza 2, 20<sup>th</sup> floor  
Jl. Jend Sudirman Kav. 10-11  
Jakarta 10220 - Indonesia  
Ph. no. +(62-21) 5703883  
Fax no. + (62-21) 5704689  
Plant-site : Jl.Raya Juntinyuat Km. 13  
Desa Imbangan, Juntinyuat  
Indramayu- West Java- Indonesia  
Ph no. +(62-234) 428002  
Fax no. +(62-234) 428616

### SECTION 2 – COMPOSITION OF INGREDIENTS

<u>Ingredients</u>	<u>CAS no.</u>	<u>Concentrations</u>
Polypropylene	9003-07-0	> 99 % (wt)
Additives	Proprietary	< 1.0% (wt)

Raw Material : Propylene : C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>  
Synonyms : Plastic, Homopolymer Polypropylene (PP) Powder form

### SECTION 3 – PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Appearance	: White powder	Water Solubility	: Insoluble
pH	: Not applicable	Melting Point	: 163 °C
Vapor Pressure	: Not applicable	Evaporation Rate	: Not applicable
		Odor	: Normal
Viscosity	: Not applicable		
Specific Gravity	: 0.91		

### SECTION 4 – HANDLING AND STORAGE

Handling And Storage : Keep container dry. Store away from excessive heat and away from strong oxidizing agents.  
Keep container closed to prevent contamination.