

111-002: 5707

Con = 1

D
660-423
Drg
A

LAPORAN TUGAS AKHIR
ANALISIS TERMAL KOMPOSIT POLIPROPILENA-SERAT
KENAF DAN RAMI PENDEK DENGAN *DIFFERENTIAL*
SCANNING CALORIMETER (DSC) DAN MELT FLOW
INDEXER (MFI)



OLEH :

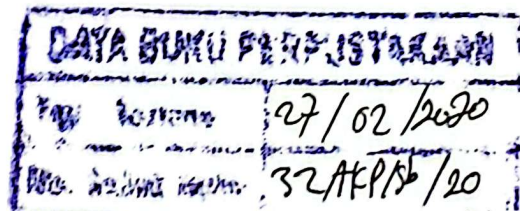
AFRILIANITA DEGRYSA 1514051

LOLITA SHINKEYKO 1514036

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

JAKARTA

2018



POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL PENELITIAN:

ANALISIS TERMAL KOMPOSIT POLIPROPILENA-SERAT KENAF DAN
RAMI PENDEK DENGAN *DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETER*
(DSC) DAN *MELT FLOW INDEXER* (MFI)

DISUSUN OLEH :

NAMA : LOLITA SHINKEYKO

NIM : 1514036

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Jakarta, Mei 2018

Menyetujui

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.
NIP.1982100120140022001

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL PENELITIAN:

ANALISIS TERMAL KOMPOSIT POLIPROPILENA-SERAT KENAF DAN
RAMI PENDEK DENGAN *DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETER* (DSC)
DAN *MELT FLOW INDEXER* (MFI)

DISUSUN OLEH :

NAMA : AFRILIANITA DEGRYSA
NIM : 1514051
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Jakarta, Mei 2018

Menyetujui

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA.
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.
NIP.1982100120140022001

LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING



POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.b. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Lejen Supranto No. 25 Cempaka Putih, Jakarta 10510

Telp: (021) 42866064 Fax: (021) 42882208

www.stmi.ac.id



Nomor : 015 /SJ-HND.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-HND 7.2/KEP/01 /2018 tanggal 03 Januari 2018 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Asisten 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 : Lolita Shinkeyko
No Induk : 1514036

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

* Analisis Termal Komposit Polipropilena Serat Kenaf/Rami Pendek dengan Differential Scanning Calorimeter (DSC) dan Laboratory Melt Indexer (LMI) . *

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

Direktur,



Dr. Mustofa, ST, MT

NIP : 19700924 200312 1 001

Tembusan:

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

LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING



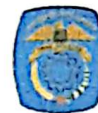
POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510

Telp: (021) 42588064 Fax: (021) 42588206

www.stmi.ac.id



Nomor : C16 /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 mengharap bantuan Ibu untuk dapat membenkan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Afrilianita Degrysa
No. Induk : 1514051

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

" Analisis Termal Komposit Polipropilena Serat Kenaf/ Rami Pendek dengan Differential Scanning Calorimeter (DSC) dan Laboratory Melt Indexer (LMI). "

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

Direktur,

Dr. Mustofa, ST, MT
NIP : 19700924 200312 1 001

Tembusan:

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

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

Nama : Lolita Shinkeyko 1514036

Afrilianita Degrysa 1514051

Judul TA Penelitian: Analisis Termal Komposit Polipropilena-Serat Kenaf dan
Rami Pendek dengan *Differential Scanning
Calorimeter (DSC)* dan *Melt Flow Indexer (MFI)*

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

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
28-07-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur	A
31-07-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur	A
19-08-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur	A
20-08-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur	A
19-09-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur	A
20-10-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur	A
27-10-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur	A
31-11-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur - Diskusi Judul	A A
20-12-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur dan diskusi Judul	A
21-12-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur dan diskusi Judul	A
19-01-2018		- Diskusi Jurnal / Literatur	A
11-01-2018		- Diskusi Judul dan diskusi Jurnal / Literatur	A
15-01-2018		- Diskusi Jurnal / Literatur	A
28-01-2018		- memotong serat	A
30-01-2018		- Diskusi tempat untuk membuat komposit	A
01-02-2018		- Diskusi tempat untuk membuat komposit	A
07-02-2018		- Diskusi bahan - Diskusi Judul	A A
09-02-2018		- Diskusi Judul	A
14-02-2018		- mencari bahan (MAPP)	A
15-02-2018		- Diskusi tempat pembuatan komposit	A
22-02-2018		- Diskusi Judul	A

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

Nama : Lolita Shinkeyko 1514036

Afrilianita Degrysa 1514051

Judul TA Penelitian: Analisis Termal Komposit Polipropilena-Serat Kenaf dan Rami Pendek dengan *Differential Scanning Calorimeter (DSC)* dan *Melt Flow Indexer (MFI)*

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

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
28-07-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur	A
31-07-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur	A
14-08-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur	A
30-08-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur	A
18-09-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur	A
20-10-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur	A
27-10-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur	A
17-11-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur	A
		- Diskusi Judul	A
20-12-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur dan diskusi Judul	A
21-12-2017		- Diskusi Jurnal / Literatur dan diskusi Judul	A
09-01-2018		- Diskusi Jurnal / Literatur	A
11-01-2018		- Diskusi Judul dan diskusi Jurnal / Literatur	A
15-01-2018		- Diskusi Jurnal / Literatur	A
28-01-2018		- memotong Serat	A
30-01-2018		- Diskusi tempat untuk membuat komposit	A
01-02-2018		- Diskusi tempat untuk membuat komposit	A
07-02-2018		- Diskusi bahan	A
		- Diskusi Judul	A
09-02-2018		- Diskusi Judul	A
14-02-2018		- mencari bahan (MAPP)	A
15-02-2018		- Diskusi tempat pembuatan komposit	A
23-02-2018		- Diskusi Judul	A

POLITEKNIK STMI JAKARTA

KEMENTRIAN PERINDUSTRIAN R.I

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS

AKHIR PENELITIAN

JUDUL PENELITIAN:

ANALISIS TERMAL KOMPOSIT POLIPROPILENA-SERAT KENAF DAN RAMI PENDEK DENGAN DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETER (DSC) DAN MELT FLOW INDEXER (MFI)

DISUSUN OLEH :

NAMA : LOLITA SHINKEYKO

: AFRILIANITA DEGRYSA

NIM : 1514036

: 1514051

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Seminar Tugas Akhir Penelitian Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta pada hari Jumat, 22 Juni 2018.

Jakarta, Juli 2018

Penguji,

Penguji,

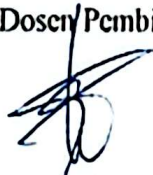


Ir. Roosmariharso, MBA
NIP.195405231980031004



Syaiful Ahsan, S.T, M.T
NIP.198407162014021001

Dosen Pembimbing,



Dr. Erfina Oktariani, S.T, M.T
NIP.1982100120140022001

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTRIAN PERINDUSTRIAN RI
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS
AKHIR PENELITIAN

JUDUL PENELITIAN:

ANALISIS TERMAL KOMPOSIT POLIPROPILENA-SERAT KENAF DAN RAMI PENDEK DENGAN DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETER (DSC) DAN MELT FLOW INDEXER (MFI)

DISUSUN OLEH :

NAMA : LOLITA SHINKEYKO
: AFRILIANITA DEGRYSA
NIM : 1514036
: 1514051

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Penelitian Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta pada hari Senin, 16 Juli 2018.

Jakarta, Juli 2018

Penguji,



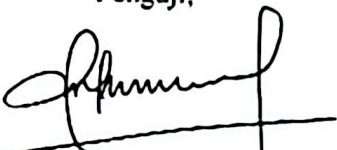
Syaiful Akhyar, S.T, M.T
NIP.198407162014021001

Penguji,



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng
NIP.195609101984032002

Penguji,



Ir. Parulian Leonard M, MM
NIP.195702141985031002

Dosen Pembimbing,



Dr. Erfina Oktariani, S.T, M.T
NIP.1982100120140022001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya Mahasiswa Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian Republik

Indonesia:

Nama : Lolita Shinkeyko
NIM : 1514036
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir Penelitian yang saya buat dengan judul “Analisis Termal Komposit Polipropilena-Serat Kenaf dan Rami Pendek dengan *Differential Scanning Calorimeter* (DSC) dan *Melt Flow Indexer* (MFI)”, 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 Penelitian 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 Penelitian ini.

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

Jakarta, Juli 2018



Lolita Shinkeyko

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya Mahasiswa Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian Republik

Indonesia:

Nama : Afrilianita Degrysa
NIM : 1514051
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir Penelitian yang saya buat dengan judul “Analisis Termal Komposit Polipropilena-Serat Kenaf dan Rami Pendek dengan *Differential Scanning Calorimeter* (DSC) dan *Melt Flow Indexer* (MFI)”, 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 Penelitian 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 Penelitian ini.

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

Jakarta, Juli 2018



Afrilianita Degrysa

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, kami dapat menyelesaikan Penelitian dan Laporan Tugas Akhir dengan judul "*Analisis Termal Komposit Polipropilena-Serat Kenaf dan Rami Pendek dengan Differential Scanning Calorimeter (DSC) dan Melt Flow Indexer (MFI)*". Penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan pada Program Studi Teknik Kimia Polimer di Politeknik STMI Jakarta. Penulisan Laporan Tugas Akhir ini dibuat berdasarkan hasil penelitian kami di PT Intera Lestari polimer dan Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian R.I.

Kami menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi kami untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga kami yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral
2. Dr. Mustofa, ST, MT, selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian R.I.
3. Ir. Roosmariharso, MBA , selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian R.I.
4. 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.
5. Syaiful Ahsan, S.T, M.T., selaku Kepala Laboratorium Teknik Kimia Polimer yang telah mengizinkan untuk melakukan pengujian di Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta.

6. Ida Nur Apriani, S.ST, M.Si., selaku laboran yang membantu pengoperasian alat selama pengujian berlangsung.
7. Pimpinan PT Polytama Propindo yang telah bersedia memberikan bahan baku polipropilena dan irganox kepada kami.
8. Pimpinan PT Intera Lestari Polimer yang telah bersedia meminjamkan alat untuk mencentak sampel kepada kami.
9. Sahabat yang telah banyak membantu kami dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, kami berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu kami dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu di Indonesia.

Jakarta,
Mei 2018

Penyusun

ABSTRAK

Pada era globalisasi ini, perkembangan otomotif meningkat secara signifikan, sehingga antar produsen berlomba untuk berinovasi dengan produknya masing-masing. Karena itu, produsen otomotif menggunakan material komposit untuk memperpanjang umur produk dan mengurangi biaya produksi. Indonesia merupakan negara tropis saat kemarau suhu di Indonesia mencapai 34°C, maka diperlukan material komposit yang tahan panas. Serat kenaf dan serat rami merupakan serat yang tahan terhadap panas. Penelitian ini menggunakan matriks homopolimer polipropilena dengan berpenguat serat yaitu serat kenaf dan rami pendek. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat termal (temperatur leleh, entalpi, kristalinitas) dan kecepatan aliran lelehan komposit polipropilena-serat kenaf dan rami pendek. Pada penelitian ini digunakan rasio massa antara massa serat kenaf dan massa serat rami dengan tiga rasio massa. Metode yang digunakan untuk membuat komposit polipropilena-serat kenaf dan rami pendek yaitu dengan pencampuran semua bahan di alat *mixer dan kneader*, setelah komposit sudah terbentuk dilakukan pencacahan komposit di alat *crusher* hingga membentuk granula. Untuk mengetahui sifat termal komposit dilakukan pengujian dengan *Differential Scanning Calorimeter* (DSC) dan untuk mengetahui kecepatan aliran lelehan komposit dilakukan pengujian dengan *Melt Flow Indexer* (MFI). Hasil yang didapat yaitu komposisi massa serat kenaf:serat rami dengan rasio massa 3:1 menunjukkan temperatur leleh (T_m) sebesar 167°C, perubahan entalpi peleburan (ΔH_f) sebesar 95,05 J/g, dan kristalinitas sebesar 57,40%. merupakan komposisi yang paling baik untuk meningkatkan sifat termal dari komposit polipropilena-serat kenaf dan serat rami pendek.

Kata kunci : komposit, polipropilena, serat kenaf dan rami pendek, sifat termal, kecepatan aliran lelehan

MILIK PERPUSTAKAAN STMI
Membaca : Ibadah, Mengambil : Dosa

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING.....	v
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR PENELITIAN.....	vii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR.....	ix
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR.....	x
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
ABSTRAK.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xx
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Komposit Polimer.....	6
2.1.1 Komponen Penyusun Komposit Polimer.....	7
2.1.2 Klasifikasi Material Komposit Polimer.....	13
2.2 Serat.....	15
2.2.1 Serat Kenaf.....	16
2.2.2 Serat Rami.....	18
2.3 Polipropilena.....	21
2.3.1 Struktur Molekul Polipropilena.....	23

2.3.2 Sifat-sifat Polipropilena.....	24
2.4 Aplikasi Komposit Polimer	24
2.5 <i>Manufacturing</i> Komposit Polimer.....	26
2.6 Sifat Termal.....	28
2.6.1 Temperatur Lebur (T_m).....	29
2.6.2 Perubahan Entalpi Peleburan (ΔH_f).....	29
2.6.3 Kristalinitas (X_c).....	30
2.6.4 Temperatur Transisi Gelas/ <i>Glass Transition Temperature</i> (T_g).....	32
2.7 Nilai Aliran Lelehan/ <i>Melt Flow Rate</i> (MFR).....	34
2.8 Analisis Termal.....	35
2.9 <i>Melt Flow Indexer</i> (MFI).....	36
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu.....	37
3.2 Alat dan Bahan.....	37
3.2.1 Alat.....	37
3.2.2 Bahan	38
3.3 Variabel.....	38
3.3.1 Variabel Tetap.....	38
3.3.2 Variabel Bebas.....	38
3.4 Prosedur Penelitian Pembuatan Komposit Polipropilena- Serat Kenaf dan Rami pendek	39
3.4.1 Persiapan Serat Kenaf dan Serat Rami	40
3.4.2 Persiapan Bahan-Bahan Pembuatan Komposit Polipropilena-Serat Kenaf dan Rami Pendek.....	41
3.4.3 Pembuatan Komposit Polipropilena- Serat Kenaf dan Rami Pendek.....	41
3.5 Tahap Pengujian.....	42
3.5.1 Pengujian Temperatur Lebur, Entalpi dan Kristalinitas.....	42

3.5.2 Pengujian Nilai Aliran Lelehan Komposit atau MFR (<i>Melt Flow Rate</i>).....	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengujian Temperatur Lebur, Perubahan Entalpi Peleburan, dan Kristalinitas.....	44
4.1.1 Pengujian Temperatur Lebur.....	47
4.1.2 Pengujian Perubahan Entalpi Peleburan (ΔH_f).....	48
4.1.3 Pengujian Kristalinitas.....	48
4.2 Pengujian Kecepatan Aliran Lelehan/ <i>Melt Flow Rate</i> (MFR).....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN A	Alat dan Bahan
LAMPIRAN B	Gambar Proses Penelitian
LAMPIRAN C	Hasil Uji MFR
LAMPIRAN D	Perhitungan Kristalinitas (X_c) dan Densitas

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Pemasaran Komposit di Berbagai Industri Pada Tahun 2012 sampai 2016 dan Proyeksi hingga Tahun 2024.....	1
Gambar 2.1 Ikatan Silang Struktur Molekul pada Polimer Termoset.....	9
Gambar 2.2 Rantai Molekul Polimer Termoplastik yang Bercabang.....	10
Gambar 2.3 Tipe Susunan Serat pada <i>Discontinuous Fiber Composite</i>	12
Gambar 2.4 Ilustrasi Komposit Berdasarkan Distribusi Serat.....	12
Gambar 2.5 Budidaya Tanaman Kenaf di Indonesia.....	16
Gambar 2.6 Tanaman Kenaf dan Serat dari Tanaman Kenaf.....	18
Gambar 2.7 Tanaman Rami dan Serat Tanaman Rami.....	19
Gambar 2.8 Reaksi Polimerisasi dari Propilena Menjadi Polipropilena.....	21
Gambar 2.9 Reaksi Eksotermis dan Reaksi Endotermis.....	30
Gambar 2.10 Model Fringed Micelle dari Distribusi Acak Bagian Kristalin dan Bagian Amorfus pada Polimer Semikristalin.....	30
Gambar 2.11 Hubungan Ketahanan Deformasi Terhadap Temperatur Untuk Termoplastik Amorf, Semi Kristalin, dan 100% Kristalin.....	32
Gambar 3.1 Skema Diagram Analisis Termal Komposit Polipropilena- Serat Kenaf dan Rami Pendek.....	40
Gambar 4.1 Hasil Pengujian DSC Polipropilena.....	44
Gambar 4.2 Hasil Pengujian DSC Komposit Polipropilena-Serat Kenaf dan Rami Pendek rasio 3:1	45
Gambar 4.3 Hasil Pengujian DSC Komposit Polipropilena-Serat Kenaf dan Rami Pendek rasio 1:1	46
Gambar 4.4 Hasil Pengujian DSC Komposit Polipropilena-Serat Kenaf dan Rami Pendek rasio 1:3	47

DAFTAR TABEL

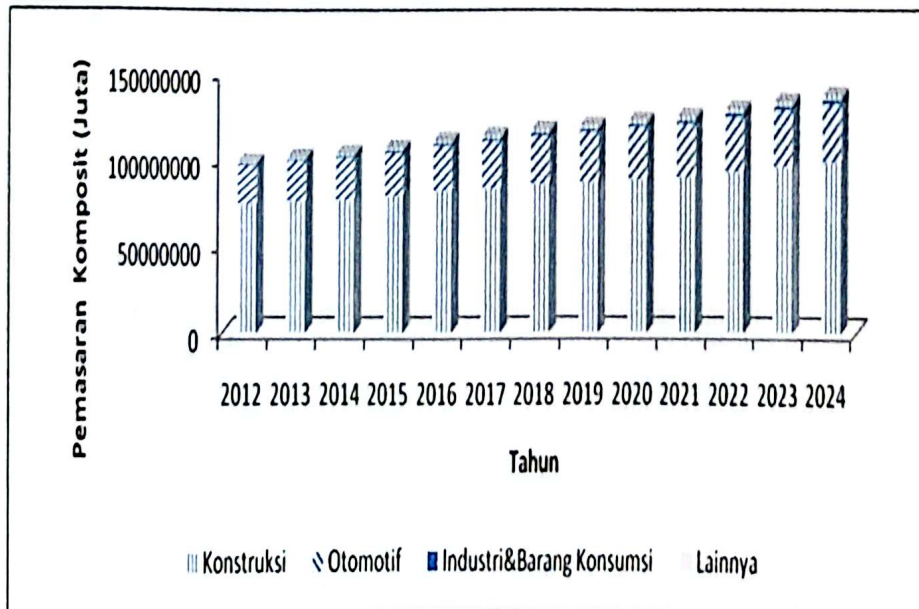
	Halaman
Tabel 2.1 Contoh Aplikasi Polimer Termoplastik.....	10
Tabel 2.2 Klasifikasi Ilmiah Tanaman Kenaf	17
Tabel 2.3 Klasifikasi Ilmiah Tanaman Rami.....	20
Tabel 2.4 Perbedaan Sifat Termal dan Mekanik PP-Homopolimer, PP-Random Kopolimer, dan Impak Kopolimer.....	23
Tabel 2.5 Perbedaan sifat fisik antara polipropilena isotaktik, sindiotaktik, dan ataktik.....	24
Tabel 2.6 Sifat-sifat Homo-Polipropilena Isotaktik	24
Tabel 2.7 Karakteristik Termal PP dan Komposit PP/Sisal.....	31
Tabel 3.1 Variasi Komposisi Pembuatan Komposit PP- Serat Kenaf dan Rami Pendek.....	39
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>kneader & mixer</i> PT Intera Lestari Polimer.....	42
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Temperatur Lebur (T_m) dan, Perubahan Entalpi (ΔH), Kristalinitas (X_c) Menggunakan DSC.....	49
Tabel 4.2 Hasil Pengujian MFR.....	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada era globalisasi ini, perkembangan otomotif meningkat secara signifikan. Produsen berinovasi dengan produknya masing-masing dan bersaing untuk mendapatkan konsumen yang lebih banyak. Untuk memenuhi permintaan konsumen yang banyak maka produsen harus meningkatkan produksinya. Produksi dalam jumlah besar juga menuntut biaya produksi yang besar. Untuk mengatasi hal tersebut, pemilihan material menjadi hal yang krusial karena berpengaruh pada biaya produksi. Material komposit hadir sebagai solusi yang dapat digunakan oleh produsen untuk mengurangi biaya dan menghasilkan produk yang lebih tahan terhadap suhu panas. Pemasaran material komposit di industri otomotif semakin berkembang dan meningkat seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Pemasaran komposit di berbagai industri pada tahun 2012 sampai 2016 dan proyeksi hingga tahun 2024

Sumber: Market Research Report, 2016

Berdasarkan gambar 1.1 pemasaran material komposit meningkat secara signifikan pada industri otomotif. Gambar 1.1 juga menunjukkan proyeksi komposit untuk beberapa tahun kedepan, terlihat bahwa industri otomotif dalam jangka waktu yang panjang akan semakin membutuhkan komposit. Biasanya komposit yang sering digunakan pada industri otomotif adalah polimer sebagai matriksnya dan serat sintesis sebagai bahan penguat (*reinforcement*), namun seiring berjalannya waktu serat sintesis sudah mulai digantikan dengan serat alam, karena serat alam memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan serat sintesis seperti, harganya yang lebih murah dan jangka waktu penggunaan lebih panjang daripada serat sintesis (Puglia, 2004).

Dalam beberapa tahun terakhir, penggunaan material komposit pada industri otomotif telah menarik perhatian banyak peneliti dan ilmuwan khususnya serat alam yang meliputi rami, kenaf, sisal, pisang, nanas, dan lain sebagainya (Faruk, 2013).

Penelitian yang dilakukan oleh Zhang dkk (2015) yaitu mengetahui sifat termal dan sifat mekanik dari komposit polipropilena dengan menggunakan serat rami sebagai bahan penguat. Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap tiga sampel polipropilena-rami dengan komposisi serat (10%, 20%, 30%) dan mendapatkan hasil bahwa komposisi rami dengan jumlah yang paling banyak pada komposit menurunkan temperatur lebur komposit. Hal ini terjadi karena penelitian ini tidak memakai kompatibiliser. Oleh karena itu, sifat mekanik dan ketahanan termal menjadi kurang maksimal.

Salah satu penelitian yang dilakukan oleh Hamma dkk (2015) yaitu mengetahui pengaruh komposit polipropilena dengan menggunakan serat kenaf sebagai penguat terhadap sifat termal dan sifat mekaniknya. Setelah dilakukan pengujian ternyata serat kenaf dapat meningkatkan sifat termal dan sifat mekanik komposit, namun didapatkan juga kesimpulan bahwa rasio massa serat kenaf tidak begitu berpengaruh terhadap sifat termal dan sifat mekanik.

Serat rami dan serat kenaf merupakan serat yang paling banyak diminati untuk dijadikan material komposit ataupun sebagai bahan penelitian karena selain kedua serat memiliki ketahanan termal yang baik, kedua serat juga mudah didapat

atau dibudidayakan. Namun, sampai saat ini belum ada penelitian yang menggabungkan kedua bahan penguat tersebut untuk dijadikan komposit. Hal ini menjadi menarik untuk diteliti karena Indonesia merupakan negara yang memiliki iklim tropis, saat kemarau suhu di Indonesia mencapai 34°C (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika), maka sangat diperlukan komposit polimer yang memiliki sifat tahan panas. Oleh karena itu, penelitian ini mengangkat tema mengenai komposit polimer yaitu polipropilena berpenguat serat kenaf dan rami.

1.2. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas sebelumnya, maka masalah yang ingin diangkat adalah :

1. Bagaimana pengaruh terbaik rasio massa antara serat kenaf dan serat rami pendek terhadap sifat termal dari komposit polipropilena-serat kenaf dan rami pendek?
2. Bagaimana pengaruh terbaik rasio massa antara serat kenaf dan serat rami pendek terhadap kecepatan aliran lelehan atau *Melt Flow Rate* (MFR)?

1.3. Batasan masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. serat kenaf (*Hibiscus cannabinus L*) dan serat rami (*Boehmeria nivea L. Gaud*), kedua serat terlebih dahulu melewati perlakuan delignifikasi dengan alkali (NaOH) 6% (wt) lalu dipotong-potong dengan ukuran pendek (± 5 mm),
2. *compatibilizer* yang digunakan adalah *Maleic Anhydride Polypropilene* (MAPP) dengan spesifikasi:
 $Melt Flow Rate$ (MFR) = 0,5-1,0 g/10min
 (190 °C, 2.16 kg),
3. antioksidan yang digunakan adalah irganox karena merupakan antioksidan yang ramah lingkungan,
4. matriks yang digunakan adalah polipropilena dengan spesifikasi: jenis Homopolimer Polipropilena MAF 5402
 $Melt Flow Rate$ (MFR) = 11,33-11,76 g/10min,
5. pengujian dilakukan dengan menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dan *Melt Flow Indexer* untuk mengetahui nilai ΔH_f , T_m , X_c dan MFR.

1.4 Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. mengetahui pengaruh terbaik rasio massa serat kenaf dan rami pendek terhadap sifat termal (ΔH_f , T_m , X_c) dari komposit polipropilena-serat kenaf dan rami pendek, dilihat dari data analisis DSC.
2. mengetahui pengaruh rasio massa serat kenaf dan rami pendek terhadap nilai MFR dilihat dari data analisis MFI.

1.5. Manfaat penelitian

Manfaat yang diperoleh pada penelitian ini, yaitu memberikan informasi baru dari pengaruh serat kenaf dan serat rami dalam komposit polipropilena-serat kenaf dan rami pendek terhadap sifat termalnya.

1.6 Sistematika 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

Pada bab ini berisi tentang penjelasan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah dan batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan serta tujuan dan manfaat dari dilakukannya penelitian ini.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang tinjauan umum mengenai serat kenaf dan rami, polipropilena, komposit polimer, komponen-komponen penyusun komposit, modifikasi serat alam, karakterisasi atau pengujian komposit.

BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan pada penelitian, variasi komposisi serta prosedur penelitian bahan yang digunakan, variasi penelitian serta prosedur penelitian (persiapan penelitian dan metode penelitian).

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi data hasil pengukuran, analisa data, pembahasan terhadap hasil pengukuran dan analisa data.

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

Material komposit merupakan material yang terdiri dari gabungan dua atau lebih bahan yang masing-masing bahannya memiliki karakteristik yang berbeda. Kelebihan dari material komposit yaitu memiliki bobot yang lebih ringan, kekuatan tinggi, tahan terhadap korosi, dapat digunakan dalam jangka waktu yang lebih lama, dapat memperbaiki sifat suatu bahan dan dapat meningkatkan kualitas suatu produk sedangkan kekurangan dari material komposit yaitu proses pembuatannya membutuhkan waktu yang lebih lama. Menurut Campbell (2010), hal-hal yang diperlukan untuk menentukan sifat dan karakteristik dari komposit adalah sebagai berikut :

a. Material yang menjadi penyusun komposit

Karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusunnya. Material penyusun komposit memiliki peranan penting terhadap sifat kompositnya.

b. Bentuk dan penyusunan struktural

Bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit. Faktor penting dalam penyusunan struktural yaitu ukuran tiap-tiap komponen penyusun dan distribusinya.

c. Interaksi antar penyusun

Sifat komposit akan meningkat jika terjadi interaksi antar penyusun, karena komposit terdiri dari beberapa bahan yang memiliki sifat-sifat yang berbeda.

Komposit polimer merupakan gabungan dari dua atau lebih bahan yaitu polimer (matriks), bahan penguat (*reinforcement*) dan bahan pengisi (*filler*). Matriks berfungsi sebagai pengikat. Matriks pada komposit polimer adalah polimer itu sendiri yang dimanfaatkan sebagai pengganti logam karena memiliki sifat ringan dan relatif kuat. Bahan penguat berfungsi sebagai penahan beban yang

diterima oleh material komposit. Bahan penguat harus memiliki beberapa sifat yaitu tahan terhadap panas dan reaksi kimia. Bahan penguat pada komposit polimer yaitu serat sintetis seperti serat kaca, serat rayon, serat karbon, dan kevlar, namun, serat sintetis mulai digantikan dengan serat alam. Hal ini dikarenakan serat alam memiliki sifat yang ramah lingkungan dan lebih ekonomis.

Filler merupakan bahan pengisi pada komposit polimer yang berfungsi membantu meningkatkan sifat termal dan mekanik. Beberapa kelebihan dari komposit polimer yaitu biaya pembuatan lebih rendah, dapat dibuat dengan produksi massal, dapat disimpan dalam jangka waktu panjang, dapat dibentuk dengan mudah dan lebih ringan sedangkan kekurangan dari komposit polimer yaitu proses pembuatannya membutuhkan waktu yang lama (Gangarao dkk, 2006).

2.1.1 Komponen Penyusun Komposit Polimer

Material komposit polimer tersusun dari tiga komponen utama yaitu matriks polimer (bahan pengikat), *reinforcement* (bahan penguat) dan *filler* (bahan pengisi). Selain itu, material komposit polimer membutuhkan bahan penunjang dalam proses pembuatannya seperti kompatibiliser dan antioksidan.

Kompatibiliser adalah material yang berfungsi untuk memperbaiki sifat-sifat komposit dan untuk meminimalisasi kehilangan komposisi bahan penguat saat proses pembentukan komposit berlangsung. Kompatibiliser juga dapat melindungi komposit dari kelembapan karena jika terdapat kelembapan pada bahan penguat maka menyebabkan bahan penguat dan matriks sulit untuk berikatan. Kompatibiliser berfungsi untuk meningkatkan ikatan antara bahan penguat dan matriks agar menjadi kuat sehingga proses pembuatan komposit dapat berlangsung dengan baik. Kompatibiliser yang dapat digunakan yaitu *Maleic Anhydride Polypropylene (MAPP)* atau organosilane (Chowa dkk, 2003).

2.1.1.1 Matriks

Matriks adalah bahan utama dalam komposit yang mengikat bahan penguat pada komposit. Matriks adalah komposisi yang mempunyai persentase atau fraksi volume terbesar (dominan) dalam komposit. Matriks dalam komposit polimer berperan untuk mempertahankan posisi dan orientasi serat dan

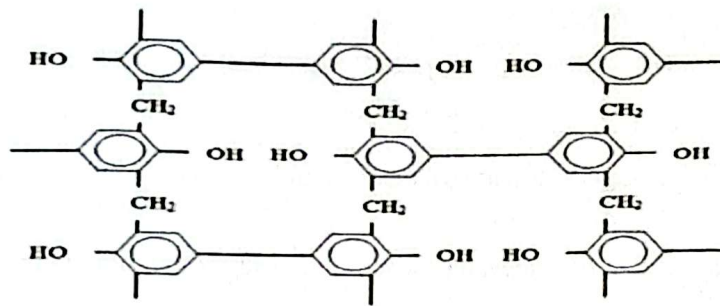
melindungi dari pengaruh lingkungan. Secara umum matriks terdiri dari 3 macam yaitu polimer, logam dan keramik (Wiley, 2012).

Matriks mempunyai beberapa fungsi yaitu dapat melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan, mentransfer dan mendistribusikan beban ke bahan penguat, melindungi bahan penguat, dan menyumbangkan beberapa sifat seperti kekakuan, ketangguhan dan tahanan. Matriks yang baik untuk digunakan pada komposit polimer harus memiliki beberapa sifat seperti, memiliki viskositas rendah, dapat disesuaikan dengan bahan penguat, dapat diukur pada temperatur ruang dengan waktu yang optimal, memiliki ikatan yang baik dengan bahan penguat, dan tetap stabil setelah proses manufaktur (Haller dkk, 2011).

Matriks dalam komposit polimer terdapat dua jenis matriks, yaitu polimer termoset dan polimer termoplastik.

A. Polimer Termoset

Polimer termoset merupakan salah satu jenis polimer yang sifat polimernya tahan terhadap panas dengan penguat serat maupun serbuk. Matriks termoset memiliki rantai-rantai molekul yang saling berhubungan sehingga saat mengalami pemanasan dan penekanan, masing-masing rantai molekul tidak akan saling bergerak relatif. Jika dipanaskan, maka tidak dapat melebur sehingga tidak dapat dibentuk ulang kembali. Polimer termoset memiliki beberapa kelebihan yaitu, dapat mengikat bahan penguat dengan mudah dan baik, memiliki viskositas yang rendah, memiliki ikatan baik dengan bahan penguat, memiliki kekakuan yang baik, memiliki stabilitas dimensi yang baik, ringan dan tahan korosi (Saheb dkk, 1999). Gambar 2.1 menunjukkan ikatan silang pada struktur molekul polimer termoset.



Gambar 2.1 Ikatan silang struktur molekul pada polimer termoset
Sumber : Bongarde, 2014

Menurut Saheb dkk (1999), beberapa contoh polimer termoset adalah sebagai berikut:

a. Poliester

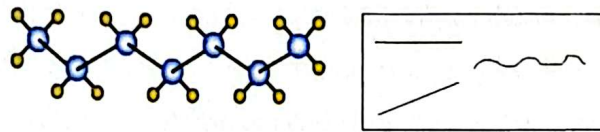
Poliester merupakan polimer yang memiliki viskositas yang relatif rendah, jika ditambahkan katalis maka akan mengeras pada suhu kamar. Poliester merupakan jenis resin cair.

b. Epoksi

Resin epoksi memiliki sifat-sifat yang lebih unggul dibandingkan dengan resin lainnya. Sifat-sifat unggul yang dimiliki resin ini antara lain kekuatan tarik serta kekuatan tekan yang tinggi, tahan terhadap bahan kimia, stabilitas ukuran yang baik dan tahan terhadap sifat termal.

B. Polimer Termoplastik

Polimer termoplastik adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika dipanaskan, polimer akan lunak dan jika didinginkan akan mengeras. Menurut Matthews dkk (1993), polimer termoplastik tidak memiliki ikatan silang antar rantai polimernya, melainkan dengan struktur molekul linear atau bercabang. Polimer termoplastik dapat dibentuk sesuai kebutuhan sehingga mendapatkan produk polimer yang baru. Gambar 2.2 menunjukkan rantai molekul polimer termoplastik yang bercabang.



Gambar 2.2 Rantai molekul polimer termoplastik yang bercabang
Sumber: Bongarde, 2014

Plastik termoplastik diproses dengan memanaskan bahan-bahan pada temperatur yang tinggi hingga mencair lalu dicetak dengan proses *injection molding*. Polimer termoplastik memiliki sifat-sifat seperti, berat molekul kecil, tidak tahan terhadap panas, mudah untuk diregangkan, fleksibel, titik lebur rendah, dan dapat didaur ulang. Contoh polimer termoplastik adalah polietilena (PE), polivinilklorida (PVC), polipropilena (PP) dan polistirena (PS) (Saheb dkk, 1999). Contoh aplikasi polimer termoplastik dalam kehidupan sehari-hari terdapat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Contoh aplikasi polimer termoplastik

No	Jenis Plastik Termoplastik	Aplikasi
1	Polietilena (PE)	Botol plastik, mainan, bahan cetakan, ember, drum, pipa saluran, isolasi kawat dan kabel, kantong plastik, dan jas hujan
2	Polipropilena (PP)	Karung, tali, botol minuman, serat, bak air, insulator, kursi plastik, alat-alat rumah sakit, komponen mesin cuci
3	Polivinilklorida (PVC)	pipa air, pipa plastik, pipa kabel listrik, kulit sintetis, ubin plastik, bungkus makanan, sarung tangan dan botol detergen
4	Polistirena (PS)	Insulator, sol sepatu, penggaris, dan gantungan baju

Sumber : Saheb, 1999

2.1.1.1 Bahan Penguat

Bahan penguat merupakan salah satu bagian utama dari komposit yang berperan sebagai penanggung beban pada komposit. Secara garis besar ada tiga macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu:

A. Komposit Berpenguat Serat (*Fiber Reinforced Composite*)

Komposit berpenguat serat terdiri dari dua macam jenis serat, yaitu serat panjang (*continuous fiber*) dan serat pendek (*short fiber*). Penggunaan bahan

komposit serat mempunyai kelebihan yaitu lebih efisien dalam menerima beban dan gaya apabila serat searah, namun akan sangat lemah jika dibebani serat tegak lurus (Karlsson dkk, 1997). Perbedaan dari serat panjang dan serat pendek yaitu serat pendek dibebani secara tidak langsung yang akan menentukan sifat dari produk komposit tersebut yakni jauh lebih kecil dibandingkan dengan serat panjang. 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 (Karlsson dkk, 1997).

Berdasarkan sumbernya, serat yang digunakan terdiri dari dua jenis yaitu serat alam dan serat sintetis. Serat alam biasanya diambil dari tanaman jute, rami, kenaf, sisal, flex, atau tandan kelapa sawit sedangkan serat sintetis bisa berupa serat kaca, serat karbon, serat rayon dan kevlar. Bahan berpenguat dari serat alam memiliki beberapa sifat yang lebih unggul dibandingkan bahan berpenguat dari serat sintetis, diantaranya adalah mempunyai kekuatan dan ketangguhan yang tinggi, modulus elastisitas yang tinggi, tahan terhadap korosi, serta tahan terhadap panas saat berikatan dengan matriksnya. Menurut Cullen (2013), berdasarkan distribusi bahan penguat serat pada komposit polimer, ada tiga tipe distribusi serat diantaranya adalah sebagai berikut:

1) *Continuous Fiber Composite*

Pada tipe ini serat berbentuk panjang dan lurus dan membentuk lamina diantara matriksnya. Lamina adalah satu lembar komposit dengan arah serat tertentu. Jenis komposit ini paling sering digunakan. Tipe ini mempunyai kelemahan pada pemisahan antar lapisan. Hal ini disebabkan karena kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriksnya (Cullen, 2013).

2) *Woven Fiber Composite*

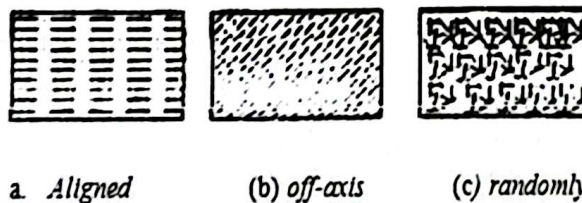
Komposit ini tidak memiliki bentuk susunan serat memanjang yang tidak begitu lurus. Komposit ini juga tidak dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat satu lapisan dengan lapisan lainnya. Akibat susunan yang kurang lurus berdampak pada kekuatan dan kekakuan yang melemah (Cullen, 2013).

3) *Discontinuous Fiber Composite*

Discontinuous Fiber Composite adalah tipe komposit dengan serat penyusunnya berukuran pendek-pendek (Cullen, 2013). Pada tipe ini, susunan serat *Discontinuous Fiber Composite* dibedakan lagi menjadi tiga jenis yaitu:

- a. *Discontinuous fiber*
- b. *Off-axis aligned discontinuous fiber*
- c. *Randomly oriented discontinuous fiber*

Tiga tipe susunan serat *Discontinuous Fiber Composite* ditunjukkan pada gambar 2.3.



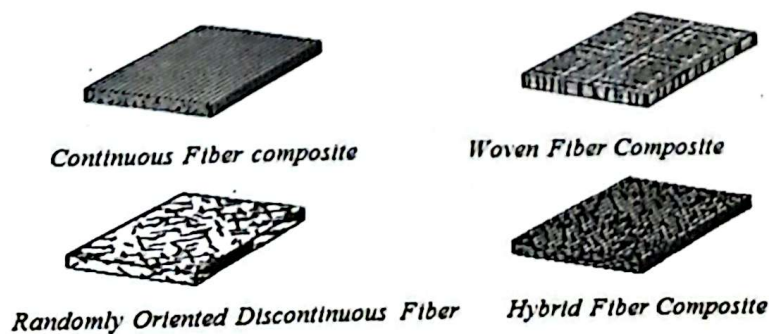
Gambar 2.3 Tipe susunan serat pada *Discontinuous Fiber Composite*

Sumber: Materi Kuliah Teknologi Komposit

d. *Hybrid Fiber Composite*

Hybrid Fiber Composite merupakan komposit yang serat penyusunnya merupakan gabungan antara serat dengan tipe serat lurus dengan serat acak. Komposit dengan gabungan dari kedua tipe tersebut digunakan agar dapat saling melengkapi kekurangan sifat dari masing-masing kedua tipe dan dapat menggabungkan masing-masing kelebihan.

Pada gambar 2.4 menunjukkan ilustrasi komposit berdasarkan distribusi masing masing seratnya.



Gambar 2.4 Ilustrasi komposit berdasarkan distribusi serat

Sumber: Materi Kuliah Teknologi Komposit

B. Komposit Berpenguat Laminat (*Laminated Composites*)

Komposit berpenguat laminat merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri (Haller, 2011).

C. Komposit Partikel (*Particulate Composites*)

Komposit partikel merupakan komposit dengan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya. Bahan penguat pada komposit partikel ini mempunyai dimensinya tidak terlalu beda, bentuknya antara lain bulat serpih atau balok yang diantaranya memiliki sumbu yang hampir sama yang biasanya disebut partikel. Partikelnya dapat berupa logam ataupun non-logam (Fasial, 2008).

2.1.1.2 Bahan Pengisi/*Filler*

Bahan pengisi adalah material yang digunakan untuk menentukan sifat-sifat umum untuk memperpanjang umur produk komposit dengan biaya yang murah. Bahan pengisi juga sangat bermanfaat sebagai penambah kontras warna alami bagi komposit. Pengisi pada umumnya ada pada komposit polimer berupa partikel kecil berukuran panjang atau pendek. *Filler* pada komposit juga dapat berupa serat. Contoh dari bahan pengisi adalah kalsium karbonat, pasir silika, karbon hitam, serat kayu dan serat kaca (Tucker, 2002)

2.1.2 Klasifikasi Material Komposit Polimer

Klasifikasi komposit berdasarkan matriks yang digunakan dibagi menjadi tiga yaitu:

1. MMC (*Metal Matrix Composite*)

Metal Matrix Composite merupakan matriks yang menggunakan bahan logam. Terdapat beberapa kelebihan dari *Metal Matrix Composite* dibandingkan dengan PMC (*Polymer Matrix Composites*) yaitu tegangan dan regangan baik, ketahanan terhadap suhu tinggi, tidak lembap, tidak mudah terbakar, dan kekuatan tekan dan geser baik dan ketahanan muai termal baik. Disamping kelebihan yang dimiliki *Metal Matrix Composite*, terdapat juga beberapa kekurangannya seperti biayanya mahal dan material yang digunakan sedikit. *Metal Matrix Composite* memiliki beberapa sifat seperti, mempunyai

keuletan yang tinggi, mempunyai titik lebur yang rendah dan mempunyai densitas yang rendah. Contoh dari *Metal Matriks Composite* yaitu aluminium beserta paduannya, titanium beserta paduannya, magnesium beserta paduannya. *Metal Matriks Composite* dapat diaplikasikan pada pembuatan komponen otomotif (Kumar dkk, 2014).

2. *CMC (Ceramic Matriks Composite)*

Ceramic Matrix Composites merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai matriks dan satu fasa sebagai bahan penguat, dimana matriksnya terbuat dari keramik. Bahan penguat yang umum digunakan pada *Ceramic Matriks Composites* adalah oksida, karbit, dan nitrit. Beberapa keuntungan dari penggunaan *Ceramic Matriks Composites* adalah dimensinya stabil bahkan lebih stabil daripada logam, sangat tangguh, unsur kimianya stabil, kekuatan dan ketangguhan tinggi, dan ketahanan korosi pada temperatur tinggi. Namun, terdapat beberapa kerugian dari penggunaan CMC yaitu sulit untuk diproduksi dalam jumlah besar, relatif mahal, dan biasanya hanya untuk aplikasi tertentu seperti serat grafit atau serat kaca-boron silika untuk alas cermin laser dan litium aluminosilikat (LAS) untuk material mesin panas (Donald, 1976).

3. *PMC (Polymer Matriks Composite)*

PMC (Polymer Matriks Composite) merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit karena memiliki sifat yang lebih tahan karat dan lebih ringan. Matriks polimer terbagi dua yaitu polimer termoset dan polimer termoplastik. Perbedaan dari kedua jenis polimer tersebut adalah polimer termoset tidak dapat didaur ulang sedangkan termoplastik dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan (Danga, 2012). *Polymer Matriks Composite* memiliki beberapa sifat yaitu, ketangguhan baik, ringan, dan kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Ada beberapa keuntungan dari *Polymer Matriks Composite*, yaitu biaya pembuatan lebih rendah, dapat diproduksi massal, siklus fabrikasi dapat dipersingkat, dan kemampuan mengikuti bentuk cetakan yang tinggi. *Polymer Matriks Composite* digunakan pada material bahan konstruksi dan *aerospace* (Danga, 2012).

2.2 Serat

Serat merupakan salah satu bahan utama pada komposit polimer yang menentukan karakteristik dari komposit tersebut. Serat merupakan bahan utama yang menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada bahan komposit polimer. Contoh serat yang paling sering dijumpai adalah serat yang digunakan untuk membuat tali, kain, benang atau kertas. Berdasarkan sumbernya, serat terdiri dari dua sumber, yaitu organik (serat alam) dan anorganik (serat sintetis) (Shah dkk, 1992).

1. Serat Sintetis

Serat sintetis yaitu serat yang molekulnya disusun secara sengaja. Sifat-sifat umum dari serat sintetis yaitu, kuat dan tahan gesekan. Serat sintetis yang pertama kali dibuat adalah rayon. Serat rayon memiliki harga yang murah dan dapat digunakan untuk membuat kain yang bagus dengan warna menyerupai wol, sutera ataupun linen. Serat rayon pertama kali dibuat untuk membuat kain pakaian jenis krep. Selain serat rayon ada beberapa serat sintetis yang sudah digunakan, yaitu serat kaca, karbon dan kevlar (Shah dkk, 1992).

2. Serat Alam

Serat alam banyak digunakan sebagai bahan baku tekstil. Serat alam tidak hanya dimanfaatkan untuk bahan baku tekstil, namun, juga dapat dimanfaatkan dalam bidang industri, misalnya sebagai bahan peredam suara, pengisi logam pintu kereta api dan komponen otomotif. Serat alam dapat diperoleh dari berbagai macam tanaman seperti, rumput gajah, alang-alang air dan pisang raja, yang bisa digunakan untuk memperkuat beton bangunan (Shah dkk, 1992). Penggunaan serat alam sebagai pengganti serat sintetis dapat meningkatkan nilai ekonomis. Serat alam digolongkan menjadi 2 jenis (Saheb dkk, 1999), yaitu:

A. Serat Protein

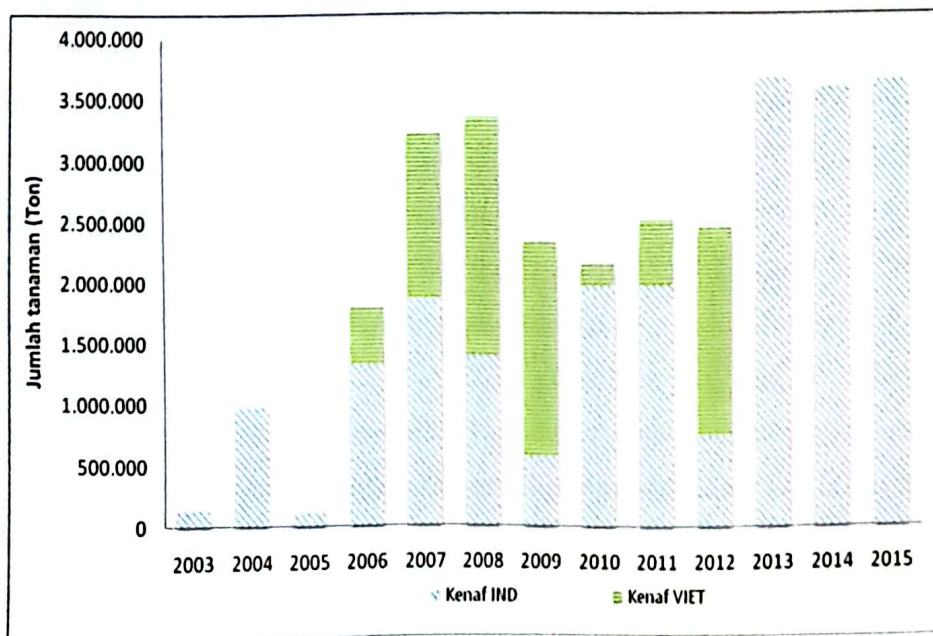
Serat protein dapat berbentuk *staple* atau filamen. *Stapel* berasal dari rambut hewan seperti domba, alpaca, unta, cashmer, mohair, kelinci, dan vicuna. Yang paling sering digunakan adalah wol yang berasal dari bulu domba.

B. Serat Tumbuh-tumbuhan (selulosa)

Serat tumbuh-tumbuhan memiliki dasar kimia selulosa yang berasal dari biji, daun, batang, dan, buah.

2.2.1 Serat Kenaf

Tanaman kenaf (*Hibiscus cannabinus L*) merupakan tanaman umur pendek yang berasal dari tumbuhan pada ribuan tahun silam di wilayah timur Afrika Tengah. Kenaf dapat tumbuh didaerah tropis maupun sub-tropis. Kenaf juga sudah lama dibudidayakan di Indonesia dan pada tahun 1986-1987 dan saat ini mencapai luas 26.000 ha yang tersebar di Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Kalimantan Selatan (Balittas Litbang Pertanian, 2014). Pada gambar 2.5 menunjukkan bahwa Indonesia dari tahun ke tahun terus memperbaiki budidaya kenaf agar persentase impor dari negara tetangga berkurang. Peningkatan itu ditunjukkan pada tahun 2012-2015, Indonesia dapat menghasilkan tanaman kenaf hingga 100%. Produksi kenaf menurun akibat krisis global, terutama yang terjadi pada tahun 2008, demikian juga pada tahun 2011 saat terjadi tsunami di Jepang. Diagram warna biru menunjukkan persentase kenaf lokal dan diagram warna merah menunjukkan persentase kenaf impor.



Gambar 2.5 Budidaya tanaman kenaf di Indonesia

Sumber : Balittas Litbang Pertanian, 2014

Kenaf memiliki beberapa keunggulan seperti dapat beradaptasi pada berbagai kondisi lahan dan memiliki toleransi yang tinggi terhadap kondisi alam seperti genangan air, kekeringan, dan pH tanah yang rendah (masam) (Hui Li, 2016). Tanaman kenaf juga merupakan tanaman yang sangat baik terhadap segala kondisi cuaca dan iklim sehingga stabilitas termalnya dikatakan cukup tinggi (Richard, 2013). Budidaya tanaman kenaf dikembangkan dengan benih. Klasifikasi ilmiah tanaman kenaf dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi ilmiah tanaman kenaf

Klasifikasi	Nama
Kingdom	<i>Plantae</i>
Ordo	<i>Malvales</i>
Famili	<i>Malvaceae</i>
Genus	<i>Hibiscus</i>
Spesies	<i>Hibiscus cannabinus L</i>

Sumber : Hui Li, 2016

Tanaman kenaf memiliki hampir semua bagian yang dapat digunakan untuk bahan baku industri. Daun kenaf mengandung protein kasar 24% sehingga sangat baik untuk pakan ternak unggas dan ruminansia. Biji kenaf mengandung lemak 20% sehingga bagus untuk minyak goreng karena banyak mengandung asam lemak tidak jenuh (oleat dan linoleat) (Cullen, 2013). Menurut Ayezra (1996), kayu kenaf sangat baik sebagai bahan baku industri *particle board* untuk berbagai keperluan seperti furnitur, pintu, jendela, kusen, pelapis dinding rumah, dan lain sebagainya. Serat kenaf banyak digunakan sebagai bahan baku berbagai industri seperti *fibre board*, *soil remediation*, *pulp* dan kertas, tekstil, karpet, dan kerajinan tangan. *Fibre board* dari serat kenaf saat ini digunakan sebagai bahan untuk interior mobil seperti langit-langit, pintu, dan *dashboard*. PT Toyota Boshoku Indonesia (PT TBINA,-). PT TBINA adalah perusahaan yang bergerak di bidang industri otomotif, tepatnya *manufacturing interior* mobil dengan produk utama *seat* dan *door trim* yang menggunakan serat kenaf sebagai salah satu bahan baku pembuatan mobil Toyota (Balittas Litbang Pertanian, 2015). Selain itu, *fibre board* juga banyak digunakan pada industri elektronik untuk *casing* TV, radio, dan *tape*. Serat kenaf juga digunakan sebagai *soil remediation* yaitu sebagai bahan untuk memperbaiki kondisi kesuburan tanah terutama pada bekas pertambangan

sebagai usaha reklamasi (Sarwoko, 2016). Potensi pemanfaatan serat kenaf juga terdapat pada tekstil yaitu sebagai bahan suplemen dalam pembuatan tekstil yang dicampur dengan serat kapas dan poliester.



(a) batang tanaman kenaf (b) serat yang diambil dari batang tanaman kenaf yang dikeringkan (c) serat kenaf pendek

Gambar 2.6 Tanaman kenaf dan serat dari tanaman kenaf

Sumber : Hui Li, 2016

Diameter batang kenaf dapat mencapai 25 mm tergantung varietas dan lingkungan tumbuhnya (Li, 2016). Kandungan serat terbanyak berada pada batang bagian bawah dengan tinggi tanaman sebesar 1-1,25 m (Li, 2016). Menurut Zugenmaier (2008), kenaf memiliki kandungan selulosa sebanyak 36%, lignin 18%, hemiselulosa 21%, dan ekstrak 2% serta sisanya adalah air atau kandungan lain dari serat rami itu sendiri. Serat kenaf mulai mengalami degradasi pada suhu 213,9°C (Onggo dkk, 2005). Karakteristik kenaf tergantung dari tempat tumbuh, musim dan kadar air.

Serat kenaf merupakan serat alam yang mempunyai sifat kuat, tetapi getas atau mudah patah. Serat kenaf memiliki modulus yang tinggi, tetapi menunjukkan elastisitas yang kecil. Kenaf dapat dibuat menjadi benang ikat dan tali. Beberapa keuntungan utama dalam penggunaan serat kenaf sebagai matrik komposit adalah kenaf merupakan sumber selulosa yang cukup tinggi serta ekonomis (Ayerza, 1996).

2.2.2 Serat Rami

Tanaman rami (*Boehmeria nivea L*) merupakan tanaman yang mudah tumbuh di daerah tropis dan merupakan tanaman tahunan. Tanaman rami

menghasilkan rhizoma yang digunakan sebagai bibit dan dapat menghasilkan rhizoma baru. Tanaman rami mulai dikenal sejak zaman Jepang pada tahun 1942 dan budidayanya mulai dikembangkan hingga sekarang. Tanaman rami juga sangat mudah dalam pembudidayaannya. Setelah ditanam selama 3 bulan, tanaman rami dapat tumbuh hingga 250 cm dan memiliki diameter antara 12–20 mm. Setelah ditanam selama 6 bulan batang rami dapat dipanen dan menghasilkan serat (Dhomiri, 2002). Beberapa bagian dari tanaman rami dapat dimanfaatkan adalah daun rami yang dapat dijadikan sebagai bahan kompos dan pakan ternak dengan kandungan gizi yang tinggi, batang pohonnya sebagai bahan bakar, dan yang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi adalah serat dari kulit kayunya. Serat yang dihasilkan tanaman rami adalah serat yang mengkilap (Dhomiri, 2002). Sebagian besar daerah yang ditumbuhi tanaman rami di Indonesia berada pada Pulau Sumatera, misalnya di Lampung Utara, Lampung Barat, Muara Enim, Pagar Alam, Oku, Musi Rawas, Lahat, Rejang Lebong, dan lain-lain. Di Sumatra Utara, rami dikembangkan di daerah sekitar Toba Samosir dan di Provinsi Jambi, Bungo, sedangkan di Pulau Jawa, tanaman rami dikembangkan di Wonosobo, Garut, Sukabumi dan Subang (Dhomiri, 2002).

Tanaman rami juga sangat baik ditanam di lahan gundul atau di lereng yang tinggi yang memiliki kemiringan besar karena rami tumbuh dari tunas akar sehingga dapat tumbuh dan berkembang biak berumpun dengan cepat seperti halnya bambu. Oleh karena itu tanaman rami sangat efektif untuk menahan erosi.



(a) tanaman rami

(b) serat dari tanaman rami

Gambar 2.7 Tanaman rami dan serat tanaman rami

Sumber: Industri Teksti, 2014

Secara garis besar, setelah pasca panen tanaman rami, ada beberapa tahapan untuk mendapatkan serat rami dari batang tanaman rami, diantaranya adalah proses dekortikasi dan proses *degumming*. Proses dekortikasi adalah proses pemisahan serat dari batang tanaman. Proses ini dilakukan dalam keadaan tanaman masih basah. Hasil proses dekortikasi yang berupa serat kasar (*china grass*) yang kemudian dikeringkan. Proses Dekortikasi memakai alat dengan sistem pukul oleh batang besi yang melintang tegak lurus. Bagian kayu akan hancur dan serat mengelupas, kemudian akan terpisah bersama dengan keluarnya serat dari mesin. Proses selanjutnya adalah Proses *degumming*. Proses ini merupakan upaya penguraian *china grass* menjadi serat elementer dengan cara mendekomposisi *gum/pektin/zat perekat* yang berada di antara helaian serat. Pada umumnya proses ini merupakan proses kimiawi yang disertai dengan pemanasan. Pemanasan (pemasakan) dilakukan selama 2-3 jam (Balai Besar Tekstil, 2005). Tanaman rami memiliki beberapa klasifikasi ilmiah yang dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Klasifikasi ilmiah tanaman rami

Klasifikasi	Nama
Kingdom	<i>Plantae</i>
Divisi	<i>Tracheophyta</i>
Kelas	<i>Magnoliopsida</i>
Ordo	<i>Rosales</i>
Famili	<i>Urticaceae</i>
Genus	<i>Boehmeria</i>
Spesies	<i>Boehmeria nivea</i>

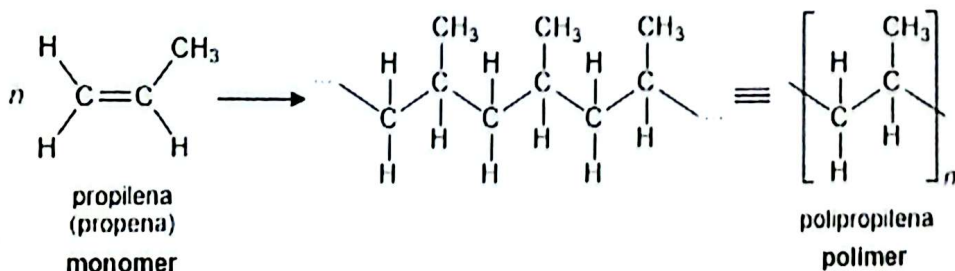
Sumber : Buku Ajar Budidaya Tanaman Industri (←)

Serat rami umumnya digunakan sebagai bahan baku pembuatan tekstil. Pada umumnya industri tekstil memakai kapas sebagai bahan baku. Namun, serat rami kini disandingkan dengan serat kapas karena mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan yang dapat saling melengkapi dengan serat kapas. Menurut Purwati (2010), kelebihanannya adalah serat lebih panjang, kekuatan lebih besar dan daya serap air juga lebih besar. Berdasarkan sifat yang dimiliki, dalam batas tertentu serat rami dapat digunakan sebagai suplemen serat kapas untuk bahan

campuran poliester. Akan tetapi serat rami lebih kasar, memiliki sifat kaku dan getas serta daya mulur yang lebih rendah dibandingkan serat kapas, namun, serat rami mempunyai ketahanan yang baik terhadap panas. Oleh karena itu, dalam pemintalan pembuatan benang atau tekstil, serat rami dan serat kapas dicampur dengan menggunakan perbandingan tertentu bertujuan untuk memadukan sifat kelebihan dan kekurangan serat rami dengan serat kapas atau serat bahan baku tekstil yang lain. Beberapa kekurangan serat rami adalah tidak kuat terhadap pengaruh asam. Serat rami dapat menurun kekuatannya atau rusak dalam beberapa kondisi asam kuat. Adanya asam akan menghidrolisis selulosa yang nantinya akan menghasilkan hidroselulosa. Menurut Zugenmaier (2008), serat rami memiliki kandungan selulosa sebanyak 76%, lignin 1%, hemiselulosa 17%, dan ekstrak 6%. Serat Rami tahan terhadap pengaruh alkali. Larutan alkali encer tidak mempengaruhi serat meskipun pada suhu mendidih apabila tidak ada udara. Warna serat akan berubah kekuning-kuningan bila dipanaskan pada suhu 120°C. Serat rami akan terdegradasi pada suhu 240°C dan menyebabkan serat akan rusak. Serat rami juga tahan terhadap pengaruh bakteri atau jamur (Fauzan, 2014).

2.3 Polipropilena

Polipropilena dengan rumus molekul $(C_3H_6)_n$ merupakan polimer termoplastik dengan monomer penyusunnya yaitu propilena. Propilena pertama kali di polimerisasikan oleh Dr. Karl Rehn di Hoechst AG, Jerman menjadi polipropilena pada 1951. Ditemukan kembali pada 11 Maret 1954 oleh Giulio Natta (Diharjo, 2007). Reaksi polimerisasi polipropilena dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Reaksi Polimerisasi dari propilena menjadi polipropilena

Polipropilena merupakan jenis bahan baku plastik yang ringan, densitas yang dimiliki oleh polipropilena adalah sebesar 0,90-0,92 g/ml dan titik lebur pada

suhu $\approx 160^{\circ}\text{C}$ (320°F). Polipropilena memiliki kekerasan dan kerapuhan yang paling tinggi dan bersifat kurang stabil terhadap panas. Polipropilena mempunyai tegangan (*tensile*) yang rendah, kekuatan benturan (*impact strength*) yang tinggi dan ketahanan yang tinggi terhadap pelarut organik. Morfologi yang dominan pada polipropilena adalah fase semi-kristalin yang tinggi menyebabkan daya regangannya tinggi, kaku dan keras. Contoh aplikasi polipropilena antara lain adalah untuk film, insulasi kawat, pipa, perabotan plastik rumah tangga, komponen-komponen otomotif, fiber, kemasan produk, dan lain sebagainya (Karian, 2003).

Polipropilena yang hanya mengandung monomer propilena dalam bentuk padat semi-kristalin disebut sebagai homopolimer PP (HPP). Menurut Oladele dkk (2016), polipropilena dibedakan berdasarkan monomer penyusunnya, polipropilena dibedakan menjadi tiga jenis yaitu:

1. Homopolimer Polipropilena

Homopolimer polipropilena (PP) adalah polipropilena dengan monomer penyusunnya adalah propilena saja. Polimer jenis ini memiliki sifat kaku bahkan juga pada temperatur tinggi sehingga jenis PP ini memiliki temperatur transisi gelas 0°C dan bersifat getas pada temperatur rendah. Pada sifat optis, jenis PP ini memiliki tingkat kebeningan sedang (*translucent*).

2. *Random* Kopolimer Polipropilena

Random kopolimer polipropilena adalah polimer dengan dua monomer penyusun yaitu propilena dan etilena yang disusun acak dalam rantai PP. Keunggulan dari *Random* Kopolimer dikenal dengan kebeneningannya dan kelenturannya yang tinggi. Namun kekuatan dan kekerasannya kurang jika dibandingkan dengan homopolimer PP.

3. Kopolimer Impak Polipropilena (*Impact copolymer*)

Kopolimer Impak Polipropilena adalah polipropilena yang disusun oleh monomer propilena dan etilena yang terusun dalam dua blok fasa, yaitu homopolimer PP dan *ethylene-propylene-rubber* (EPR). Kopolimer impak memiliki sifat *antistatic* yang sangat baik, memiliki temperatur *transisi glass* pada suhu -30°C dan berwarna putih doff. Perbedaan sifat termal dan sifat mekanik dari

ketiga jenis polipropilena dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Perbedaan sifat termal dan mekanik PP-homopolimer, PP-random kopolimer, dan impact kopolimer

	PP-Homopolimer	PP-Random Kopolimer	PP-Kopolimer Impak
Temperatur Lebur	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 : Karian, 2003

2.3.1 Struktur Molekul Polipropilena

Berdasarkan letak gugus metil terhadap rantai utama, struktur molekul polipropilena dapat dibedakan menjadi 3 macam (Bledzki, 2015), yaitu:

a. Isotaktik

Semua gugus metil terletak pada salah satu sisi rantai polimer sehingga polipropilena bersifat kristalin.

b. Sindiotaktik

Gugus metil terletak berselang-seling pada kedua sisi rantai polimer. Jenis ini sulit ditemukan karena pembuatannya sulit (temperatur operasi pada suhu 78°C).

c. Ataktik

Gugus metil terletak tak beraturan terhadap sisi rantai polimer sehingga amorf.

Dari ketiga macam struktur molekul polipropilena tersebut terdapat beberapa perbedaan dari setiap struktur molekulnya, perbedaan tersebut terdapat dalam densitas, titik lebur, kelarutan, *yield strength* dan temperatur transisi gelas. Perbedaan tersebut dapat dilihat dalam tabel 2.5.

Tabel 2.5 Perbedaan sifat fisik antara polipropilena isotaktik, sindiotaktik, dan ataktik

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

Sumber : Laporan Praktik Kerja Lapangan Lolita dan Afrianita, 2017

2.3.2 Sifat-sifat Polipropilena

Polipropilena terdiri dari 95-98% isotaktik dan selebihnya ataktik. Kadar polimer ataktik dalam produk polipropilena komersial akan mempengaruhi sifat produk polipropilena sehingga dapat digunakan untuk kegunaan yang berbeda-beda. Sifat fisik polipropilena dapat dilihat dalam tabel 2.6.

Tabel 2.6 Sifat-sifat Homo-polipropilena Isotaktik

Sifat Fisik	Unit
Density, g/cm ³	0,91-0,94
Tensile strength, psi	3200-5000
Water absorption, 24h, %	0,01
Elongation, %	3-700
Softening point (T _g), °C	140-150
Melting point (T _m), °C	160-166
Termal expansion, 10 ⁻³ in/in. °C	5,8-10
Spesific volume, cm ³ /lb	30,4-30,8

Sumber: Maddah, 2016

2.4 Aplikasi Komposit Polimer

Aplikasi komposit polimer umumnya dikembangkan pada industri otomotif. Hal ini dikembangkan dalam menjawab tantangan global menuju bumi hijau (*green movement*). Menurut Sanjay (2002), pemakaian serat sintetis mulai dikembangkan pada tahun 1958 hingga sekarang. Pada saat ini, serat sintetis yang digunakan adalah serat kaca dan serat karbon sebagai bahan pembuatan eksterior mobil, contohnya adalah *door modules, hood, trunk lid, dan bumper*. Serat kaca dan serat karbon juga digunakan pada bagian interior mobil contohnya sebagai bahan pembuat *dash board, floor, door panel, steering, dan seat*. Penggabungan antara polimer dan serat semakin meningkatkan kualitas dan menekan biaya

MILIK PERPUSTAKAAN STMI
Membaca : Ibadah, Mengambil : Dosa

produksi serta mengurangi persentase penggunaan logam pada mobil. Namun, penggunaan serat sintetis menghasilkan limbah yang dinilai kurang ramah terhadap lingkungan. Padahal saat ini, komposit dikembangkan guna menjawab tantangan global menuju bumi hijau (*green movement*).

Industri otomotif membutuhkan material yang murah, mudah didapatkan, serta *bio-degradable* atau mudah untuk didaur ulang (Sanjay, 2002). Industri otomotif mulai melirik serat alam sebagai bahan yang memenuhi kriteria yang diinginkan walaupun terdapat beberapa kelemahan. Saat ini, serat alam yang paling sering digunakan sebagai bahan penguat plastik pada komponen mobil adalah serat *hemp* dan serat *flex*. Serat tersebut sebagai bahan penguat polimer pada *door panels*, *load floors*, dan *seat backs*. Kendaraan khususnya roda empat di Amerika Serikat pada setiap tahunnya mencapai angka 10-11 juta kendaraan dengan masa fungsionalitas yang sudah tidak layak. Penyortiran komponen-komponen bekas atau limbah dan fasilitas pengkoyak limbah yang sudah tidak terpakai memproses sekitar 96% komponen dari mobil-mobil tua, 25% komponen dari kendaraan berat, termasuk plastik, serat, kaca, busa dan karet, yang semuanya merupakan limbah dari mobil- mobil tersebut. Ide penggunaan material biokomposit untuk diterapkan pada dunia otomotif berasal dari pemikiran bahwa apabila sebuah mobil didesain dengan sebagian besar materialnya terbuat dari biofiber yang ringan, maka limbah-limbah komponen mobil yang sudah tidak digunakan lagi tersebut hanya tinggal dikuburkan saja tanpa perlu membutuhkan proses daur ulang terlebih dahulu, karena material biokomposit tersebut selanjutnya akan dikonsumsi atau diuraikan secara alami oleh bakteri di dalam tanah.

Selain komponen otomotif yang tahan terhadap sifat termal, industri otomotif juga membutuhkan komponen yang ringan. Kepadatan atau kerapatan suatu bahan dapat dilihat dari nilai densitasnya. Pada penelitian Eriningsih (2011), menggunakan serat nanas sebagai bahan penguat pada resin epoksi untuk aplikasi *sunvisor* tahan api. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa dengan penggunaan serat nanas dapat meningkatkan ketahanan termal pada *sunvisor* sebagai penyerap panas pada mobil. Saat ini BPPT (2016), telah mengembangkan komposit polimer

pada alat perpipaan. Teknologi material polimer untuk konstruksi sudah sejak lama dikembangkan, dan salah satu hasil inovasinya berupa pipa dari bahan komposit dengan jenis *Glass-Fiber Reinforced Plastic (GRP)/Polyester* yang penggunaannya sudah *familiar* di Eropa. Jenis pipa komposit berbahan polyester ini tahan terhadap korosi, biaya pemeliharaan yang rendah bahkan *no maintenance*, serta memiliki siklus hidup lebih panjang. Pipa jenis ini dapat digunakan sebagai alternatif material bangunan yang ramah lingkungan untuk dipertimbangkan dari segi kualitas dan keuntungan penggunaannya jika dibandingkan dengan pipa berjenis besi dan beton (BPPT, 2016).

2.5 *Manufacturing* Komposit Polimer

Pembuatan produk komposit polimer dapat melalui beberapa jenis metode tergantung dari spesifikasi produk yang ingin dibuat. Metode-metode pembuatan produk komposit polimer (Tucker, 2011) diantaranya yaitu: *hand lay-up*, *spray lay-up*, *bag molding process*, *filament winding*, *pultrusion*, *bulk molding*, *sheet molding*, *resin transfer molding*, dan *injection molding*.

1. *Hand Lay-Up*

Hand Lay-up merupakan proses fabrikasi serat kaca yang paling sederhana dan paling banyak digunakan untuk kalangan industri menengah kebawah. Proses ini dilakukan dengan cara meratakan serat kaca dengan jenis woven roving atau *chopped strand mat* yang dibasahi dengan resin cair ke dalam cetakan secara manual menggunakan tangan (Tucker, 2011).

2. *Spray Lay-Up*

Proses fabrikasi yang banyak dipakai di industri kapal dan perahu adalah *spray lay up*. Resin dan serat kaca dalam bentuk *chopped* dicampur dan disemprotkan ke cetakan kemudian diratakan dengan tangan yang pada umumnya menggunakan alat bantu berupa roller. Sebelum menjadi *chopped*, serat kaca sebelumnya berbentuk *continuos roving* yang dipotong oleh alat *sprayer*. Proses ini dapat dilakukan untuk bentuk-bentuk yang kompleks dengan banyak lengkungan, yang sulit dilakukan pada proses *spray lay-up* biasa karena serat kaca berjenis *woven roving* dan *chopped strand mat* memiliki keterbatasan untuk cetakan dengan kurva-kurva yang kompleks (Tucker, 2011).

3. *Filament Winding*

Proses ini biasa dilakukan untuk membuat produk-produk berbentuk silinder dengan arah serat tertentu. Proses *filament winding* dilakukan dengan memutar cetakan bersamaan dengan menarik serat yang sudah dibasahi dengan resin membentuk pola tertentu. Serat kaca yang digunakan pada proses ini adalah jenis *continuous roving* (Tucker, 2011).

4. *Bag Molding Process*

Proses ini adalah salah satu proses yang paling serbaguna yang digunakan dalam manufaktur komposit polimer. Dalam proses pencetakan, lamina diletakkan di dalam cetakan dan resin disebar atau dilapisi, kemudian ditutupi dengan diaphragm atau kantung yang fleksibel, lalu panaskan dan diberi tekanan. Setelah membutuhkan siklus pematangan, bahan dibentuk menjadi produk yang diinginkan. Tiga dasar metode pencetakan yang terlibat adalah wadah tekanan, wadah vakum, dan autoklaf (Tucker, 2011).

5. *Pultrusion*

Proses ini merupakan proses yang digunakan untuk pembuatan komposit polimer dengan produk pipa. Cara kerja pultrusion yaitu produk ditarik dari *die* lalu didorong paksa dengan tekanan (Tucker, 2011).

6. *Resin Transfer Molding*

Dalam proses *resin transfer molding*, bahan penguat yang sudah kering dan sudah dipotong dibentuk kembali menjadi bentuk yang disebut *perform*, lalu ditempatkan ke dalam bentuk cetakan yang disiapkan. Resin disuntikkan pada titik terendah dan mengisi cetakan ke atas untuk mengurangi rembesan udara. Hal yang sering terjadi pada metode ini adalah ketika resin mulai bocor, dapat diantisipasi dengan menjepit tabung untuk meminimalkan kebocoran resin. Ketika resin mulai mengalir dari ventilasi daerah dari cetakan, aliran resin dihentikan (Tucker, 2011).

7. *Injection Molding*

Injection Molding adalah metode yang paling sering digunakan sebagai metode *manufacturing* komposit polimer. *Injection Molding* banyak dipilih karena memiliki beberapa keuntungan diantaranya yaitu, kapasitas produksi yang tinggi,

sisa penggunaan material sedikit dan tenaga kerja yang dibutuhkan sedikit. Sedangkan kekurangannya, biaya investasi dan perawatan alat yang tinggi, serta perancangan produk harus mempertimbangkan untuk pembuatan disain moldingnya. Keyboard, mouse, panel TV, pesawat telepon merupakan hasil pengolahan plastik dengan menggunakan teknik *injection molding*. *Injection molding* pertama kali dikenalkan oleh John Wesley Hyatt pada tahun 1868, dengan melakukan injeksi panas ke dalam mold, untuk membuat bola billiar. Dia mematenkan mesin *injection mold* untuk penyedot debu tahun 1872. Tahun 1946 James Hendri untuk pertama kalinya membuat mesin *screw injection mold*, sehingga terjadi perubahan besar pada industri plastik. Saat ini, 95% mesin molding saat ini mengikuti teknik ini untuk menghasilkan efisiensi panas, efisiensi campuran dan injeksi plastik ke molding (Tucker, 2011).

2.6 Sifat Termal

Sifat termal yang dimaksud adalah bagaimana ketahanan komposit pada suhu rendah maupun tinggi terhadap degradasi dari komposit itu sendiri. Nurfatihah dkk (2015), melakukan penelitian tentang pembuatan komposit PVC/EVA/kenaf 30% dengan *grafted* kenaf dan *ungrafted* kenaf. *Grafted* kenaf yang dimaksud adalah diberi *PolyMethyl Metacrylate* (PMMA) dengan tujuan mengurangi gugus hidroksil dan meningkatkan ikatan silang dengan matriksnya. Proses pembuatan dilakukan dengan mencampur serat dan matriksnya dengan *Haake Rheomix Polydrive R600/610 Internal Mixer*. Pengujian sifat termal komposit dilakukan dengan uji *Differential Scanning Calorimeter* (DSC) dan *Thermogravimetric Analysis* (TGA). Hasil pengujian didapatkan data bahwa dengan setiap penambahan serat kenaf pada polimer akan menaikkan sifat polimer itu sendiri dan meningkatkan daya ikat atau interaksi dengan matriksnya. Serat Kenaf memperbanyak fasa kristalin pada komposit PVC/EVA/kenaf. Fasa kristalin yang meningkat juga berdampak pada peningkatan ketahanan degradasi termal (Smallmen dkk, 2000).

2.6.1 Temperatur Lebur (T_m)

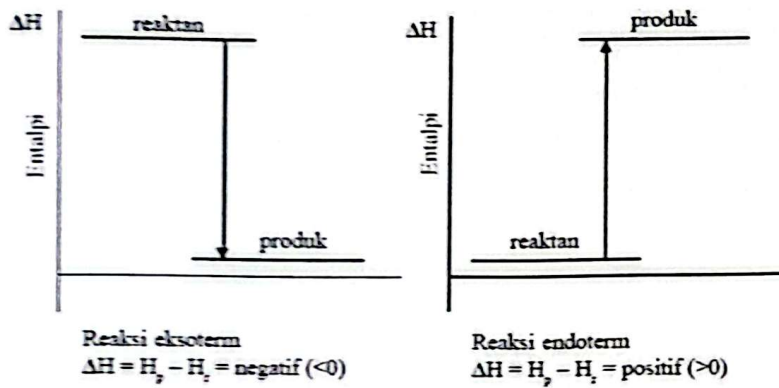
Temperatur lebur adalah perubahan fasa dimana suatu padatan material atau bahan berubah menjadi fasa cair atau lebur pada tekanan satu atmosfer.

Keadaan material atau bahan pada fase ini menjadi tidak beraturan atau terdekomposisi. Pada polimer, titik lebur merupakan gambaran dari perubahan fase kristalin menjadi fase amorf. Jika plastik dipanaskan jauh diatas titik leburnya, maka struktur dari polimer itu sendiri akan terdekomposisi dengan dimunculkan warna gelap atau gosong. Hal tersebut terjadi karena sifat plastik yang higroskopis dan merupakan konduktor yang buruk. Pada aplikasinya, proses pemanasan yang tidak merata pada suatu material atau bahan akan menyebabkan perbedaan tegangan pada setiap bagian produk material atau bahan itu sendiri dan dapat menimbulkan resiko retak dan berakibat pada buruknya kualitas produk material atau bahan tersebut (Hamma, 2015).

2.6.2 Perubahan Entalpi Peleburan (ΔH_f) standar

Entalpi adalah kalor yang ada pada sebuah sistem pada suhu yang tetap (H). Perubahan entalpi yang diukur pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm (keadaan standar) disebut perubahan entalpi standar (Saeed, 2016). Perubahan entalpi adalah selisih antara entalpi akhir dan entalpi awal dan dilambangkan dengan ΔH . 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 kita tidak tahu secara pasti jumlah energi yang diperlukan molekul-molekul dalam sistem untuk bergerak. Namun, kita dapat mengetahui seberapa besar energi atau panas yang dilepaskan atau diserap dalam suatu reaksi kimia. Ada beberapa jenis perubahan entalpi standar, salah satunya adalah perubahan entalpi peleburan (ΔH_f). Perubahan Entalpi peleburan adalah perubahan energi atau panas yang diserap atau dilepaskan 1 mol zat dalam fase padat menjadi cair (liquid). Perubahan entalpi peleburan dinyatakan dalam kJ/mol. 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 (Saeed, 2016). Gambar 2.9 menunjukkan reaksi eksotermis dan endotermis.

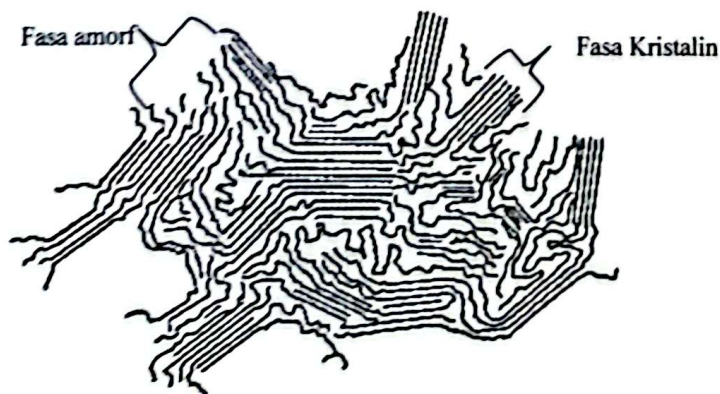


Gambar 2.9 Reaksi eksotermis dan reaksi endotermis

Sumber: Yudi, 2011

2.6.3 Kristalinitas (Xc)

Kristalinitas adalah fasa dimana molekul polimer mulai menyusun diri membentuk suatu susunan molekul yang teratur (kisi kristal) dan melibatkan energi laten (Karian, 2003). Inti kristal terbentuk ketika beberapa segmen molekul polimer mengatur diri pada arah yang sama dan membentuk kisi secara beraturan. Pembentukan inti kristal ini mulai terjadi pada temperatur kristalisasi. Mulai dari pembentukan inti, selanjutnya kristal tumbuh membentuk lamela atau 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 (Karian, 2003). Gambar 2.10 menunjukkan ilustrasi fasa kristalin dan fasa amorf dalam dua dimensi pada molekul polimer.



Gambar 2.10 Model *fringed micelle* dari distribusi acak bagian kristalin dan bagian amorfus pada polimer semikristalin
Sumber: Haruten (2003)

Pada penelitian Joseph (2002), pengaruh penambahan serat sisal (*MAPP treated sisal*) pada pembuatan komposit dengan pengujian DSC memperoleh hasil temperatur lebur yang tinggi dan fasa kristalisasi yang lebih banyak dibandingkan dengan yang lain. Kristalinitas pada komposit didapatkan dengan menggunakan rumus:

$$X_c = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_f^0 (w)} \times 100\%$$

Dimana nilai ΔH_f^0 merupakan perubahan entalpi yang dibutuhkan dari 100% kristalin *isotactic*-PP dan w adalah fraksi massa PP dalam komposit itu sendiri. Berdasarkan data yang diperoleh dari Blaine (-), menunjukkan bahwa $\Delta H_f^0 = 207 \text{ J/g}$.

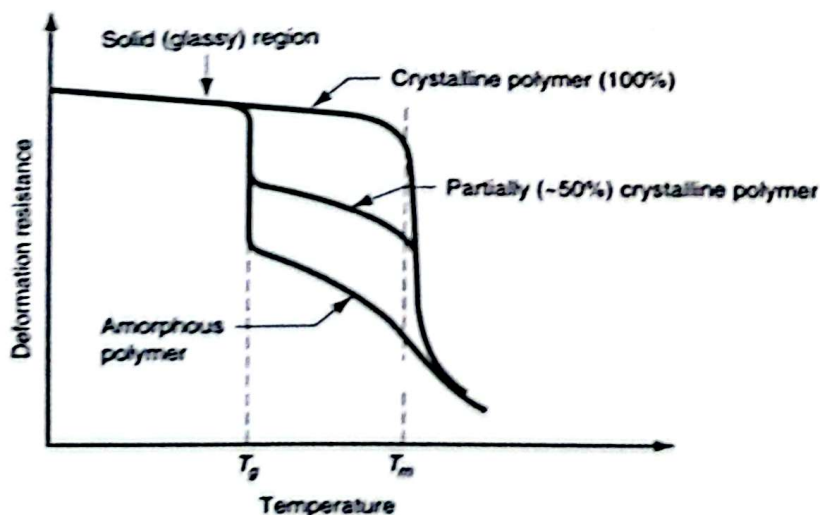
Salah satu hasil termal yang diperoleh dari pengujian DSC dapat dilihat pada tabel 2.7 tentang hasil termal oleh pengujian oleh DSC.

Tabel 2.7 Karakteristik termal PP dan komposit PP/Sisal

Sampel	T_c (°C)	T_m (°C)	ΔH_f (J/g)	X_c (%)
PP sheet	107	160,86	77,69	56,3
PP granules	105,45	163,03	73,4	53,18
Sisal – PP composite (fibre content: 10%)	110	160,12	70,85	57,05
Sisal – PP composite (fibre content: 20%)	112,06	160,6	65,02	58,9
Sisal – PP composite (fibre content: 30%)	115	160,14	58,6	60,66
KMnO ₄ treated sisal – PP composite (fibre content: 20%)	117	171,2	67,85	62,46
Maleic anhydride treated sisal – PP composite (fibre content: 20%)	120	174,2	71,77	65

Kristalisasi pada polimer semikristalin hanya terjadi pada saat proses pendinginan, pembentukan kristal dimulai dari temperatur kristalisasi dan akan berhenti apabila

inti kristal saling bersentuhan satu sama lain atau apabila kondisi temperatur berada di bawah temperatur transisi gelas (Joseph, 2002). Pada polimer semikristalin, temperatur kristalisasi terdapat di antara temperatur lebur dan temperatur transisi gelas. Kristalisasi tidak akan terjadi pada temperatur di bawah temperatur transisi gelas atau di atas temperatur lebur. Salah satu jenis polimer semikristalin adalah polipropilena (PP). PP dapat membentuk kristal karena memiliki kemampuan untuk menyusun molekul untuk membentuk suatu keteraturan (Karian, 2003). Sifat struktur molekul PP yang linier dan isotaktik dapat membentuk struktur kristalin karena memiliki kemampuan untuk tersusun secara teratur. Sedangkan, struktur ataktik atau cabang mempunyai kecenderungan membentuk struktur amorfus. PP pada umumnya memiliki lebih banyak struktur molekul isotaktik daripada ataktik, sehingga cenderung membentuk struktur semikristalin. Hal ini dapat diamati dari densitas PP, densitas dengan nilai $0,855 \text{ g/cm}^3$ akan cenderung membentuk fasa amorf sedangkan densitas dengan nilai $0,946 \text{ g/cm}^3$ akan membentuk fasa kristalin. Kristalin pada polimer termoplastik memberikan kecenderungan suatu polimer tahan terhadap dekomposisi pada suhu tinggi karena kuatnya ikatan antara molekul. Pada gambar 2.11 menunjukkan ilustrasi ketahanan deformasi termoplastik amorf, semikristalin, dan 100% kristalin.



Gambar 2.11 Hubungan ketahanan deformasi terhadap temperatur untuk termoplastik amorf, semikristalin, dan 100% kristalin

Sumber: Haruten, 2003

2.6.4 Temperatur Transisi Gelas/*Glass Transition Temperature* (T_g)

Temperatur transisi gelas adalah suhu dimana terjadinya perubahan sifat suatu polimer dari *rubbery* menjadi *glassy* (Karian, 2003). Suatu polimer yang berada pada kondisi di bawah transisi gelasnya akan menjadi keras namun rapuh seperti gelas sedangkan apabila suatu polimer berada pada kondisi atau suhu di atas temperatur gelasnya akan menjadi lebih elastis dan fleksibel. Pada beberapa polimer, terdapat polimer yang transisi gelasnya di atas temperatur ruang dan ada yang di bawah temperatur ruang. Contoh dari polimer dengan transisi gelas di atas temperatur ruang adalah polistirena (PS). Plastik seperti polistirena memiliki T_g sekitar 100°C (Karian, 2015). Pada temperatur ruang, polistirena berbentuk keras dan kaku sedangkan jika dipanaskan akan mulai menjadi plastis dan akhirnya melebur. Hal tersebut terjadi karena pada saat polistirena menjadi plastis berarti telah melewati temperatur gelasnya (T_g) dan ketika mulai melebur atau melebur telah melewati temperatur leburnya (T_m). Karet atau poli-isoprena memiliki temperatur transisi gelas di bawah 0°C yaitu sekitar -70°C sehingga pada temperatur ruang, karet berada dalam bentuk *rubbery* yang fleksibel karena berada di atas T_g -nya. Transisi gelas umumnya terjadi pada polimer yang memiliki kecenderungan amorf. Namun terkadang polimer kristalin memiliki sejumlah fasa amorf, namun tidak banyak. Polimer yang memiliki T_g dengan suhu yang lebih tinggi dari yang seharusnya biasanya disebabkan oleh penambahan zat aditif pada polimer seperti *plastisizer*. *Plastisizer* adalah molekul kecil yang berada diantara rantai polimer sehingga rantai-rantai polimer menjadi lebih mudah bergerak. *Plastisizer* akan menurunkan suhu dimana terjadi transisi gelas pada polimer sehingga polimer lebih mudah untuk mencapai kondisi plastisnya. Contoh *plastisizer* adalah nitrobenzene dan karbon disulfida yang paling sering digunakan.

Tinggi atau rendahnya suatu temperatur transisi gelas berkaitan dengan struktur pada polimer itu sendiri, polimer dengan struktur yang sulit padat atau sulit bergerak (*rigid*) akan memiliki temperatur transisi gelas yang tinggi juga. Polimer yang *rigid* membutuhkan panas yang lebih banyak agar menjadikan

polimer tersebut mudah bergerak hingga mencapai kondisi *rubbery*. Transisi gelas sulit ditemukan pada PP isotaktik karena jumlahnya yang kecil namun sangat mudah ditemukan pada PP ataktik. Temperatur transisi gelas pada PP berkisar pada suhu -15°C (Karian, 2015).

2.7 Kecepatan Aliran Lelehan/*Melt Flow Rate* (MFR)

Melt Flow Rate adalah nilai atau indeks yang menyatakan ukuran kemudahan lelehan plastik atau bahan tersebut mengalir selama proses. Nilai aliran lelehan plastik atau bahan dinyatakan dalam (satuan SI) g/10 menit. Pengukuran nilai MFR dilakukan dengan alat *Melt Flow Indexer* (MFI) yang dilakukan dengan beberapa tahapan. Sampel uji dimasukkan kedalam tabung silinder alat MFI dan didorong oleh piston yang diberi beban dengan berat tertentu. Pada alat MFI terdapat sebuah encoder yang berfungsi sebagai pengirim sinyal bahwa alat siap digunakan. Sampel yang keluar dari *orifice*, dipotong dengan waktu 10 detik setiap pemotongannya. Hasil potongan ditimbang dan dengan perhitungan didapatkan nilai alir lelehan (MFR) dari plastik atau bahan. 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. Pada penelitian Yuan (2008), dilakukan pengujian *melt flow rate* pada komposit termoplastik PP/serat kayu dan PE/serat kayu yang diberi perlakuan alkali dan didapatkan data bahwa semakin banyak persen massa serat kayu yang ditambahkan pada komposit maka nilai MFI nya semakin rendah sehingga ketahanan impak dan modulus elastisitas nya semakin baik. Untuk industri, salah satu aplikasi lain dari MFI adalah dipakai untuk analisa kegagalan. Sampel dari produk yang gagal dapat dites dan dibandingkan dengan spesifikasi dari produk tersebut. Analisa MFI dengan mudah akan mengidentifikasi apakah bagian tersebut telah diproduksi dengan jenis polimer yang salah atau tidak. Plastik komersial biasanya mengandung bahan filler, aditif, dan pewarna bersamaan dengan campuran polimer. Ketidakseimbangan dalam pembuatan dapat mempengaruhi sifat mekanik dan hasil aliran lelehan. Nilai MFR dapat dianalisa melalui pengujian MFI (*Melt Flow Indexer*) (Shenoy dkk,

1986).

2.8 Analisis Termal

Analisis termal merupakan metode untuk mengidentifikasi sifat suatu material atau bahan yang mengacu pada karakteristik material tersebut terhadap perubahan suhu. Analisis termal dapat dilakukan dengan berbagai alat tergantung dari apa yang ingin diamati. Salah satu contoh alat yang digunakan untuk mendapatkan data termal suatu material adalah *Differential Scanning Calorimeter* (DSC). DSC adalah suatu teknik analisa termal untuk mengukur energi yang diserap atau diemisikan oleh sampel sebagai fungsi waktu atau suhu. Ketika transisi termal terjadi pada sampel, DSC memberikan pengukuran kalorimetri dari energi transisi dari temperatur tertentu. DSC merupakan suatu teknik analisa yang digunakan untuk mengukur energi dengan perbedaan temperatur antara sampel dan pembanding yang mendekati nol. Rangkaian utama sel DSC ditempatkan pada pemanas silinder yang menghamburkan panas ke sampel dan pembanding melalui lempengan yang dihubungkan pada balok perak. Lempengan memiliki dua plat yang ditempatkan diatas wadah sampel dan pembanding (Gaisford dkk, 2016). Sampel dengan ukuran 3-6 mm dengan ketebalan 1 mm dimasukkan kedalam sebuah wadah aluminium dengan lubang ditengah. Sampel kemudian dipanaskan dari suhu 25°C hingga 200°C. pada suhu 25 °C ditahan selama 5-10 menit untuk proses pemanasan hingga 200°C dan setelah mencapai suhu 200°C ditahan kembali selama 5-10 menit untuk proses pendinginan (Nurfatimah dkk, 2015). Menurut Gaisford dkk (2016), terdapat dua sistem DSC yang umumnya digunakan, yaitu:

1. *Power-Compensation DSC*

Pada sistem *Power-Compensation DSC*, suhu sampel dan pembanding diatur secara manual dengan menggunakan dua sistem pemanasan dengan suhu yang sama dan daya masukan yang berbeda dan terpisah. Energi yang dibutuhkan untuk melakukan hal tersebut merupakan ukuran dari perubahan entalpi atau perubahan panas dari sampel terhadap pembanding.

2. *Heat-Flux DSC*

Pada sistem *Heat-Flux DSC*, sampel dan pembanding dihubungkan oleh suatu

lempengan logam. Sampel dan pembanding tersebut menggunakan satu sistem pemanasan. Perubahan entalpi atau kapasitas panas dari sampel menimbulkan perbedaan temperatur sampel terhadap pembanding, laju panas yang dihasilkan nilainya lebih kecil dibandingkan dengan pengujian *Differential Thermal Analysis* (DTA). Hal ini dikarenakan sampel dan pembanding dalam hubungan termal yang baik. Perbedaan temperatur dicatat dan dihubungkan dengan perubahan entalpi dari sampel menggunakan percobaan kalibrasi.

2.9 MFI (*Melt Flow Indexer*)

Melt Flow Indexer merupakan alat pengujian resistensi satu lapisan untuk meluncur diatas lapisan lainnya atau yang disebut dengan viskositas. Pengujian viskositas ini bertujuan untuk mencari nilai *Melt Flow Rate* (MFR). MFR didapat dari plastik yang dilelehkan di dalam tabung berbentuk silinder selama 10 menit dan ditekan dengan beban yang sudah ditentukan. Lelehan plastik yang sudah terkena beban akan mengalir ke *orifice* sehingga terekstrusi (Shenoy dkk, 1986). Pengujian ini dilakukan dengan melakukan perhitungan diantaranya adalah menghitung kapasitas maksimal tabung silinder, menghitung kalor yang dihasilkan, menghitung waktu peleburan plastik, dan menghitung laju perpindahan yang terjadi sehingga menghasilkan spesifikasi alat uji, material yang digunakan dan batasan material yang mampu diuji (Shenoy dkk, 1986).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan dengan mempersiapkan bahan baku terlebih dahulu, seperti melakukan delignifikasi pada serat kenaf dan serat rami. Persiapan bahan baku untuk penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta pada tanggal 1 Maret s.d. 30 April 2018. Setelah melakukan persiapan bahan baku, dilanjutkan dengan pembuatan komposit polipropilena-serat kenaf dan rami pendek di PT Intera Lestari Polimer, Tangerang, pada tanggal 2 Mei s.d. 3 Mei 2018.

Produk komposit yang sudah jadi kemudian dilakukan pengujian temperatur lebur (T_m), entalpi peleburan (ΔH_f), dan kristalinitas (X_c) dengan menggunakan alat DSC 214 Polyma dan pengujian kecepatan aliran lelehan komposit atau MFR (*Melt Flow Rate*) komposit dengan menggunakan alat LMI Dynisco 5000 Series yang dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta pada tanggal 08 Mei 2018, 11 Mei 2018 dan 24 Mei 2018.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

- . DSC 214 Polyma
- . MFI (*Melt Flow Indexer*) LMI Dynisco 5000 Series
- . Gelas kimia 10 ml Pyrex
- . *Crucible* aluminium
- . *Kneader & Mixer* Baihong Machinery (Shanghai) Co.,Ltd
- . *Crusher*
- . *Spatula stainless*
- . Gelas ukur 50 ml
- . Timbangan Laboratorium

MILIK PERPUSTAKAAN STMI
Membaca : Ibadah, Mengambil : Dosa

Water Heater

Ember 25 kg

Batang Pengaduk

Termometer air raksa

pH meter

Gunting

Plastik zipper

2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

Serat Rami (*Boehmeria nivea L*)

Serat kenaf (*Hibiscus cannabinus G. Gaud*)

Resin homopolimer Polipropilena *injection grade* – MAF 5402 yang diperoleh dari PT Polytama Propindo

Antioksidan Irganox 1010 (33-35%)

Maleic Anhydride Polypropylene (MAPP)

NaOH flakes 98%

Aquades

Variabel

Dua jenis variabel dalam penelitian komposit polipropilena-serat kenaf rami pendek diantaranya :

1 Variabel Tetap

Variabel tetap merupakan variabel yang tidak berubah selama penelitian langsung. Variabel tetap yang digunakan selama penelitian ini yaitu:

Komposisi massa resin polipropilena sebesar 2400 g.

Komposisi massa serat sebesar 600 g.

Komposisi massa MAPP sebesar 30 g.

Komposisi massa antioksidan irganox sebesar 15,6 g.

2 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang berubah selama penelitian langsung. Bertujuan untuk mencari titik optimasi atau titik yang terbaik pada tiap pengujian dalam penelitian. Variabel berubah yang digunakan yaitu :

1. Rasio massa serat rami sebesar (150; 300; dan 450g).
2. Rasio massa serat kenaf sebesar (450; 300; dan 150g).

Variasi pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1 tentang variasi komposisi pembuatan komposit polipropilena- serat kenaf dan rami pendek.

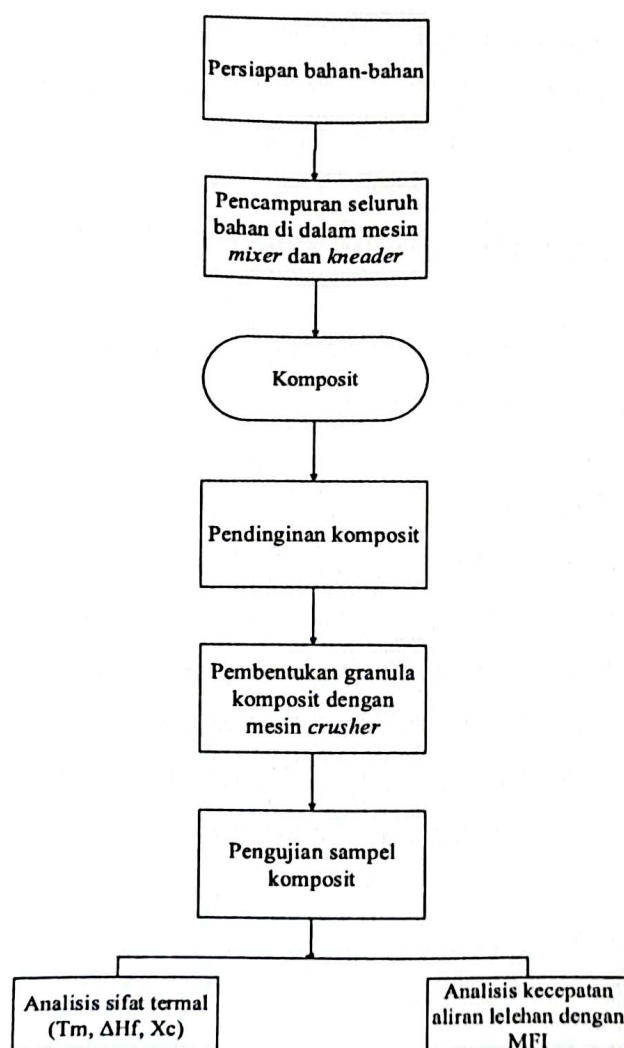
Tabel 3.1 Variasi komposisi pembuatan komposit polipropilena-serat kenaf dan rami pendek

No	Resin Polipropilena (g)	Massa Serat (g)		MAHPP (g)	Antioksidan Irganox (g)
		Rami	Kenaf		
1	2400	150	450	30	15,6
2	2400	300	300	30	15,6
3	2400	450	150	30	15,6

3.4 Prosedur Penelitian Pembuatan Komposit Polipropilena-Serat Kenaf dan Rami Pendek

Prosedur penelitian pembuatan komposit ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Tahapan pertama yang dilakukan adalah mempersiapkan serat kenaf dan serat rami (proses delignifikasi), lalu menimbang komposisi bahan setiap variasinya, kemudian membuat komposit dengan alat *kneader & mixer* dan dilakukan pengujian entalpi dan temperatur lebur dengan alat DSC 214 Polyma dan pengujian kecepatan aliran lelehan komposit atau MFR (*Melt Flow Rate*) menggunakan alat MFI (*Melt Flow Indexer*) LMI Dynisco 5000 Series.

Skema diagram prosedur penelitian pembuatan komposit polipropilena-serat kenaf dan rami pendek selengkapnya tertera pada diagram berikut:



Gambar 3.1 Diagram pembuatan komposit dan pengujian DSC dan MFI komposit polipropilena-serat kenaf dan rami pendek

3.4.1 Persiapan Serat Kenaf dan Serat Rami

Persiapan serat kenaf dan serat rami ini dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta. Serat kenaf dan serat rami terlebih dahulu didelignifikasi dengan melakukan perendaman kedua serat pada larutan NaOH 6% (*w/v*) selama 24 jam. Perendaman dengan alkali ini bertujuan untuk melarutkan senyawa amorf seperti hemiselulosa, lignin, dan lilin sehingga meningkatkan ikatan antarmuka permukaan serat dengan matriks polimernya.

Setelah 24 jam, serat kenaf dan serat rami kemudian dibilas dengan air bersih yang mengalir sampai kondisi air bilasan bersifat netral. Kemudian, kedua

serat dijemur di bawah sinar matahari hingga kering atau mendapatkan berat atau bobot serat yang stabil. Setelah kedua serat mengering, dilakukan pemotongan serat pendek dengan ukuran ± 5 mm dengan gunting. Potongan-potongan serat pendek kemudian disimpan dalam plastik *zipper* agar tidak terkontaminasi dengan lingkungan.

3.4.2 Persiapan Bahan-Bahan Pembuatan Komposit Polipropilena- Serat Kenaf dan Rami Pendek

Persiapan bahan-bahan pembuatan komposit polipropilena-serat kenaf dan rami pendek ini dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta. Pada pembuatan komposit polipropilena serat kenaf dan rami pendek, selain polipropilena, serat kenaf dan serat rami sebagai bahan baku, terdapat bahan-bahan pendukung seperti MAPP dan antioksidan irganox. Serat kenaf dan serat rami bertindak sebagai bahan penguat atau *reinforcement*. Polipropilena berlaku sebagai matriks. *Maleic Anhydride Polypropilene* (MAPP) digunakan sebagai kompatibiliser. Irganox 1010 sebagai antioksidan. Semua bahan pembuatan komposit ditimbang sesuai dengan komposisi setiap variasi pada tabel 3.1. Selanjutnya bahan-bahan yang sudah ditimbang dimasukkan ke dalam plastik *zipper* dan diberi label nama setiap variasinya.

3.4.3 Pembuatan Komposit Polipropilena- Serat Kenaf dan Rami Pendek

Pembuatan komposit polipropilena-serat kenaf dan rami pendek ini menggunakan mesin *kneader & mixer* dan mesin *crusher* di PT Intera Lestari Polimer. Mesin *kneader & mixer* dipilih karena mudah dioperasikan dengan kontrol suhu yang otomatis serta mempunyai kecepatan yang tinggi sehingga menghasilkan kualitas produk kompon yang homogen dan stabil. Spesifikasi mesin *kneader & mixer* di PT Intera Lestari Polimer ada pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Spesifikasi *kneader & mixer* PT Intera Lestari Polimer

Spesifikasi	Kondisi Operasi
<i>Motor Power</i>	15 HP/6P
<i>Voltage</i>	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 Liter

Sumber : Data PT Intera Lestari Polimer

Pada penelitian ini, mesin *kneader & mixer* dijalankan dengan berat komposisi bahan yang masuk sebesar ± 3 kg. Tahap pertama adalah memasukkan resin polipropilena, MAPP, dan antioksidan irganox ke dalam mesin *kneader & mixer* dengan suhu 170°C pada *chamber* dan suhu 160°C pada *screw* selama 6 menit. Kemudian campuran serat kenaf dan serat rami dimasukkan kedalam mesin *kneader & mixer* yang berisi lelehan polipropilena, MAPP, dan antioksidan irganox dan dilakukan pencampuran selama 9 menit. Serat kenaf dan serat rami dimasukkan setelah pencampuran polipropilena, MAPP, dan antioksidan irganox dengan maksud agar serat tidak gosong dan pencampuran dapat lebih homogen atau merata. Setelah pencampuran selama 9 menit, komposit dikeluarkan dari mesin *kneader & mixer* dan dilakukan pendinginan. Setelah itu, komposit dibentuk menjadi granula komposit dalam mesin *crusher*. Kemudian dilakukan pengujian terhadap komposit granula tersebut.

3.5 Pengujian

Pengujian komposit dilaksanakan di Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian entalpi peleburan dan temperatur lebur dengan alat DSC 214 Polyma dan pengujian kecepatan aliran lelehan komposit atau MFR (*Melt Flow Rate*) dengan alat MFI (*Melt Flow Indexer*) Dynisco 5000 Series.

3.5.1 Pengujian Entalpi Peleburan dan Temperatur Lebur

Pengujian entalpi peleburan dan temperatur lebur komposit diawali dengan menimbang bobot sampel sebesar 5-6 mg, sampel diletakkan pada *crucible* yang dilubangi. Suhu awal pada DSC dimulai dari 20°C dan diakhiri pada suhu 220°C, suhu ditahan sebanyak dua kali selama 5 menit yaitu pada suhu 20°C dan pada

suhu 220°C. Pada proses pemanasan dibutuhkan waktu 10 menit. *Heating rates* adalah sebesar 10 K/min dan suhu atmosphere N₂ sebesar 40 mL/min.

Hasil yang didapatkan dari pengujian ini berupa termogram yang menunjukkan nilai temperatur lebur dan perubahan entalpi komposit yang diuji.

3.5.2 Pengujian Kecepatan Aliran lelehan Komposit atau MFR (*Melt Flow Rate*)

Pengujian kecepatan aliran lelehan komposit diawali dengan menimbang berat kosong gelas kimia 10 ml, lalu mengisi gelas kimia kosong tersebut dengan sampel yang akan diuji hingga batas volum maksimum gelas kimia dan menimbang beratnya, maka didapatkan data berat sampel untuk pengujian pertama.

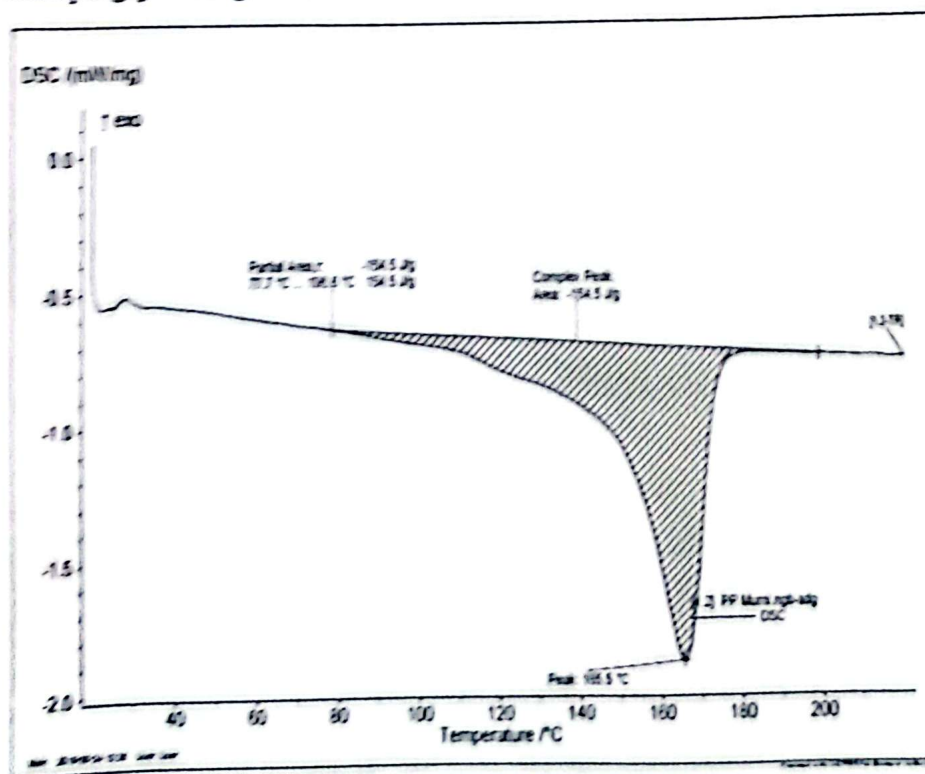
Tabung silinder pada alat MFI (*Melt Flow Indexer*) dipanaskan terlebih dahulu hingga suhu 230°C. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam alat MFI dengan corong. Corong digunakan untuk membantu menjaga kerapihan dalam memasukkan sampel. Setelah itu, piston menekan sampel hingga masuk kedalam tabung silinder dengan diletakkan beban sebesar 2 kg dan dihubungkan dengan recorder. Encoder digunakan sebagai penangkap sinyal. Setelah alat mencapai suhu 230°C, maka encoder akan mengirimkan sinyal dan pemotongan lelehan secara manual dapat dilakukan. Lelehan yang keluar dari *orifice* dipotong setiap 0 detik sebanyak 3 kali pemotongan. Kemudian potongan lelehan ditimbang beratnya. Lalu didapatkan hasil atau kecepatan aliran lelehan komposit atau MFR setiap sampel atau variasi.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Temperatur Lebur, Perubahan Entalpi Peleburan, dan Kristalinitas

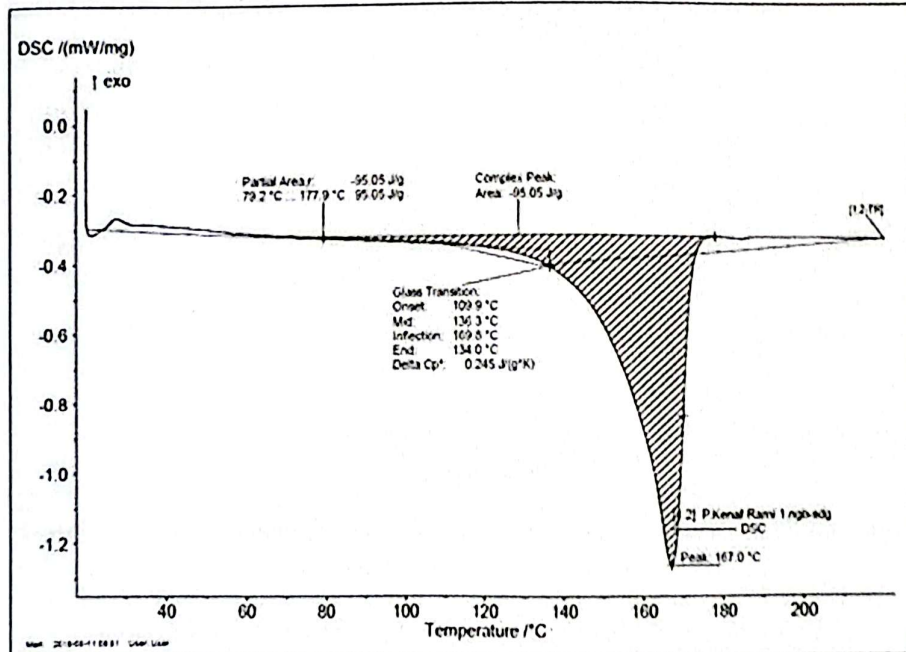
Pengujian temperatur lebur, perubahan entalpi peleburan dan kristalinitas menggunakan alat *Differential Scanning Calorimeter* (DSC). Pengujian ini dilakukan dengan pemanasan yang dimulai dari suhu 20°C hingga 220°C dan ditahan selama lima menit sebanyak dua kali sehingga diperoleh temperatur atau titik lebur dan nilai perubahan entalpi peleburan yang diuji. Berikut termogram hasil pengujian dengan DSC :



Gambar 4.1 Hasil pengujian DSC polipropilena

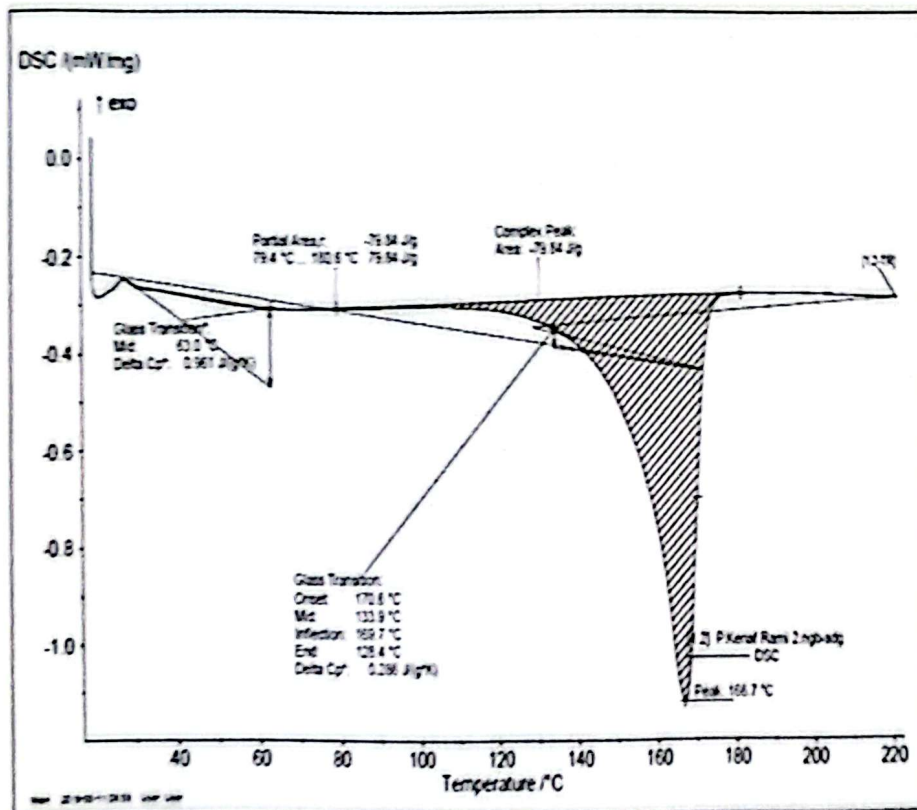
MILIK PERPUSTAKAAN STMI
Membaca : Ibadah, Mengambil : Dosa

Berdasarkan gambar 4.1 hasil pengujian *Differential Scanning Calorimeter* (DSC) dengan pemanasan yang diawali dengan suhu 20°C dan diakhiri pada suhu 220°C menunjukkan bahwa polipropilena membutuhkan energi sebesar 154,5 J/g untuk berubah fasa dari padat menjadi cair. Perubahan fasa tersebut terjadi pada *peak* atau temperatur lebur sebesar 165,5°C .



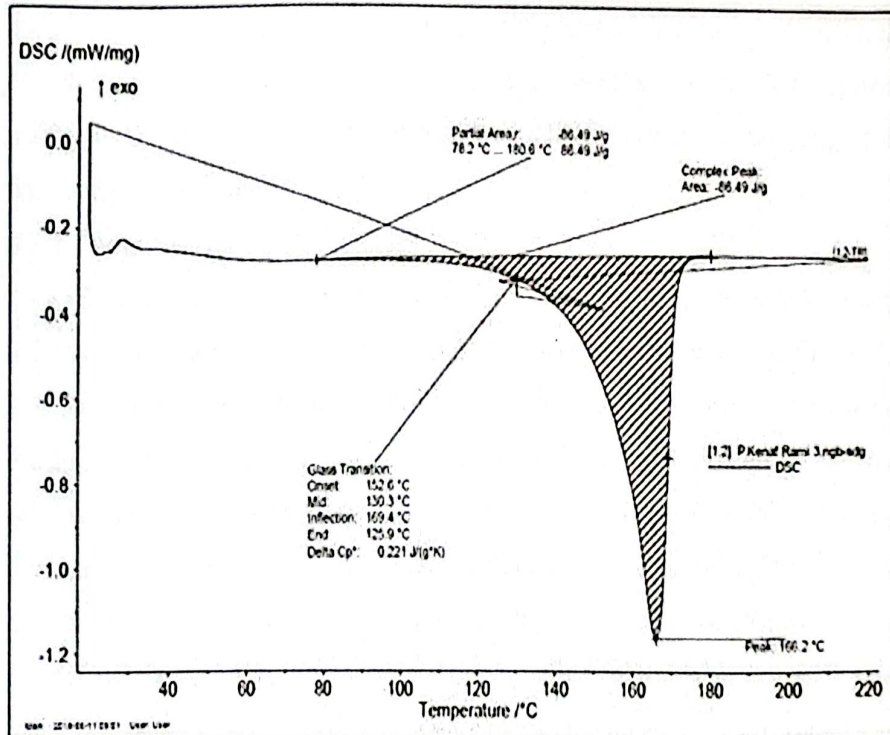
Gambar 4.2 Hasil pengujian DSC komposit polipropilena-serat kenaf dan rami pendek dengan rasio massa 3:1

Berdasarkan gambar 4.2 hasil pengujian *Differential Scanning Calorimeter* (DSC) dengan pemanasan yang diawali dengan suhu 20°C dan diakhiri pada suhu 220°C menunjukkan bahwa komposit polipropilena-serat kenaf dan rami pendek dengan rasio massa serat 3:1 membutuhkan energi sebesar 95,05 J/g untuk berubah fasa dari padat menjadi cair. Perubahan fasa tersebut terjadi pada *peak* atau temperatur lebur sebesar 167°C.



Gambar 4.3 Hasil pengujian DSC komposit polipropilena-serat kenaf dan rami pendek dengan rasio massa 1:1

Berdasarkan gambar 4.3 hasil pengujian *Differential Scanning Calorimeter* (DSC) dengan pemanasan yang diawali dengan suhu 20°C dan diakhiri pada suhu 220°C menunjukkan bahwa komposit polipropilena-serat kenaf dan rami pendek dengan rasio massa serat 1:1 membutuhkan energi sebesar 79,84 J/g untuk berubah fasa dari padat menjadi cair. Perubahan fasa tersebut terjadi pada *peak* atau temperatur lebur sebesar 166,7°C.



Gambar 4.4 Hasil pengujian DSC komposit polipropilena-serat kenaf dan rami pendek dengan rasio massa 1:3

Berdasarkan gambar 4.4 hasil pengujian *Differential Scanning Calorimeter* (DSC) dengan pemanasan yang diawali dengan suhu 20°C dan diakhiri pada suhu 220°C menunjukkan bahwa komposit polipropilena-serat kenaf dan rami pendek dengan rasio massa serat 1:3 membutuhkan energi sebesar 86,49 J/g untuk berubah fasa dari padat menjadi cair. Perubahan fasa tersebut terjadi pada *peak* atau temperatur lebur sebesar 166,2°C.

4.1.1 Pengujian Temperatur Lebur

Pada pengujian temperatur lebur dengan DSC didapatkan data bahwa untuk temperatur lebur polipropilena murni berada pada suhu 165,5°C, temperatur lebur sampel 1 berada pada suhu 167,0°C, temperatur lebur sampel 2 berada pada suhu 166,7°C, dan temperatur lebur sampel 3 berada pada suhu 166,2°C. Berdasarkan keempat data pengujian temperatur lebur tersebut menunjukkan bahwa penggunaan serat pada komposit menaikkan temperatur lebur matriksnya (polipropilena). Hal ini terjadi karena sifat kedua serat yang sangat kuat terhadap

panas dan mulai terdegradasi pada suhu diatas 200°C sehingga menaikkan temperatur lebur komposit. Sampel dengan temperatur lebur yang paling tinggi adalah sampel 1 dengan rasio massa serat kenaf:rami 3:1. Hal tersebut menunjukkan bahwa serat kenaf memberikan sifat ketahanan termal yang lebih baik daripada serat rami.

4.1.2 Pengujian Perubahan Entalpi Peleburan (ΔH_f)

Pada pengujian dengan alat DSC didapatkan hasil bahwa untuk entalpi peleburan terhadap pengujian polipropilena membutuhkan energi sebesar 154,5 J/g, entalpi peleburan untuk sampel 1 membutuhkan energi sebesar 95,05 J/g, entalpi peleburan untuk sampel 2 membutuhkan energi sebesar 79,84 J/g, dan entalpi peleburan untuk sampel 3 membutuhkan energi sebesar 86,49 J/g. Berdasarkan keempat data pengujian perubahan entalpi peleburan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan serat menurunkan nilai entalpi peleburan. Entalpi peleburan komposit dengan nilai yang paling besar adalah sampel 1 yaitu rasio massa serat kenaf:rami 3:1. Sampel 1 membutuhkan energi yang lebih banyak untuk mencapai temperatur lebur. Temperatur lebur adalah suhu dimana terjadinya perubahan fasa dari padat menjadi cair (*liquid*). Maka, sampel 1 membutuhkan energi yang lebih besar untuk berubah dari fasa padat menjadi cair.

4.1.3 Perhitungan Kristalinitas

Pada pengujian dengan alat DSC didapatkan data untuk menghitung kristalinitas komposit. Kristalinitas pada sampel 1 yaitu sebesar 57,3%, pada sampel 2 yaitu sebesar 48,2% dan pada sampel 3 sebesar 52,2%. Ketiga data tersebut menunjukkan bahwa kristalinitas yang paling tinggi adalah sampel 1 yaitu dengan rasio massa serat kenaf:rami 3:1. Menurut Zugenmaier (2008), serat rami memiliki kandungan selulosa yang lebih banyak daripada serat kenaf sehingga serat rami memberikan fase kristalin yang lebih banyak pada komposit daripada serat kenaf. Hal tersebut tidak sesuai dengan hasil perhitungan kristalinitas ketiga sampel. Serat kenaf dengan komposisi lebih banyak pada komposit memberikan persentase kristalin yang lebih tinggi. Hal tersebut mungkin terjadi karena serat rami yang dibeli adalah serat rami tua sehingga kandungan selulosanya lebih sedikit.

Tabel 4.1 Hasil pengujian temperatur lebur (T_m), perubahan entalpi (ΔH_f) dan kristalinitas (X_c) menggunakan DSC

Sampel	T_m (°C)	ΔH_f (J/g)	X_c (%)
Serat Kenaf : Serat Rami 3:1	167	95,05	57,40
Serat Kenaf : Serat Rami 1:1	166,7	79,84	48,21
Serat Kenaf : Serat Rami 1:3	166,2	86,49	52,23
Polipropilena	165,5	154,5	74,64

$$X_c = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_f \cdot (w)} \times 100\%$$

4.2 Pengujian Kecepatan Aliran Lelehan atau *Melt Flow Rate* (MFR)

Pada pengujian ini, kecepatan aliran lelehan (MFR) komposit didapatkan dengan menggunakan alat MFI (*Melt Flow Indexer*). Data yang diperoleh dari pengujian ini adalah gambaran dari nilai viskositas atau derajat kekentalan 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 4.2 menunjukkan hasil pengujian MFR komposit polipropilena-serat rami dan kenaf pendek.

Tabel 4.2 Hasil pengujian MFR

Sampel	MFR (g/10min)			
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata-rata
Serat Kenaf:Serat Rami 3:1	4,260	4,140	3,840	4,080
Serat Kenaf:Serat Rami 1:1	5,220	4,500	4,740	4,820
Serat Kenaf:Serat Rami 1:3	4,380	5,100	5,220	4,900
Polipropilena	20,100	14,580	3,960	12,880

Pada tabel 4.2 hasil pengujian MFR menunjukkan bahwa rasio massa serat kenaf:rami 1:3 memiliki nilai MFR yang paling tinggi. Sampel ketiga memiliki nilai viskositas atau ketahanan terhadap aliran yang lebih rendah dibandingkan sampel lain. Serat dengan selulosa yang lebih banyak mengandung kristalin yang lebih banyak pula. Semakin banyak struktur kristalinnya pada suatu komposit maka semakin tinggi ketahanan komposit dalam aliran. Walaupun komposisi serat rami lebih banyak daripada serat kenaf, kandungan selulosa yang dimiliki oleh

serat rami lebih sedikit daripada serat kenaf. Hal ini dapat terjadi karena serat rami yang dibeli adalah serat rami dari tanaman rami yang sudah tua sehingga kandungan selulosanya lebih sedikit.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dan analisis data hasil penelitian, maka penelitian ini dapat disimpulkan:

1. pengaruh terbaik rasio massa serat kenaf:serat rami dari komposit polipropilena-serat kenaf dan rami terhadap sifat termal (T_m , ΔH_f , X_c) yaitu:
 - a) temperatur lebur (T_m) komposit yang paling tinggi terjadi pada rasio massa serat kenaf : serat rami pendek yaitu 3:1
 - b) perubahan entalpi peleburan (ΔH_f) yang paling tinggi terjadi pada rasio massa serat kenaf : serat rami pendek yaitu 3:1
 - c) persentase kristalin (X_c) yang paling tinggi terjadi pada rasio massa serat kenaf : serat rami pendek yaitu 3:1
2. kecepatan aliran lelehan atau *Melt Flow Rate* (MFR) komposit yang paling tinggi terjadi pada rasio massa serat kenaf : serat rami pendek sebesar 1:3

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat disarankan:

1. sebaiknya granula komposit dikondisikan dalam suatu wadah atau ruangan pada suhu tertentu sebelum dilakukan pengujian termal agar hasil pengujian lebih akurat.
2. untuk penelitian selanjutnya, demi menunjang kebutuhan industri sebaiknya dilakukan analisis mekanik seperti uji tarik, uji kelenturan, uji tekan.
3. untuk penelitian selanjutnya, jika granula komposit ingin dicetak menjadi suatu produk maka diharapkan temperatur alat pencetaknya dijaga agar tetap stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu Bakar, Nurfatimah, Ching Yern Chee, Luqman Chuah Abdullah , Chantara They Ratnam. 2015. "*Thermal and dynamic mechanical properties of grafted kenaf filled poly (vinyl chloride)/ethylene vinyl acetate composites*".
- Blaine, Roger L.-. "*Thermal Application Note: Polymer Heat of Fusion*". TA Instruments, USA.
- Campbell, F.C. 2010. "*Introduction to Composites Material*" ASM International.
- Chow, W.S, W. L. Tham dan P. C. Seow. 2003. "*Compatibilizing effect of maleated polypropylene on the mechanical properties and morphology of injection molded polyamide 6/polypropylene/organoclay nanocomposites*". Kyoto Institute of Technology, Japan.
- Cullen, Richard K, Mary Margaret Singh, dan John Summerscales. 2013. "*Characterisation of Natural Fibre Reinforcements and Composites*". School Of Marine Science and Engineering.
- Dang, Zhi-Min, Jin-Kai Yuan, Jun-Wei Zha, Tao Zhou, Sheng-Tao Li dan Guo-Hua Hu dkk. 2012. "*Fundamentals, processes and applications of high-permittivity polymer-matrix composites*".
- Dhomiri. 2002. "Tanaman Rami". Website Balittas Litbang Pertanian.
- Donald, I.W dan P.W.Mc Millan. 1976. "*Review Ceramic Matrix Composites*" University of Warwick, United Kingdom.
- Dvorak, G.J dkk. 1998. "*Plasticity Analysis of Fibrous Composite*".
- Elaine. 2004. "*Adhesives*". Kirk Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 1 Fifth Edition, New Yorks: John Wiley & Sons, Inc.
- Eriningsih, Rifaida, Theresia Mutia dan Hermawan Judawisastra. 2011. "*Flame Resistant Sunvisor Composite With Pineapple Leaf Fibre As Raw Material*" Teknik Material ITB.
- Faruk, Omar, Andrzej K. Bledzki, Hans-Peter Fink, dan Mohini Sain. 2013. "*Progress Report on Natural Fiber Reinforced Composites*" University of Kassel, Germany.
- Gaisford, Simon, Vicky Kett dan Peter Haines. 2016. "*Principles Of Analysis and Calorimetry:2nd Edition*". The Royal Society Of Chemistry.
- Gangarao, Hota dan Ray Liang. 2006. "*Applications of Fiber Reinforced Polymer Composites*" Chennai, India.



- Haller, Werner, Herman Onusseit, Gerhard Gierenz, Werner Gruber, dan Richard D.Rich. 2011. "Adhesives". Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Seventh Edition, New Yorks: John Wiley & Sons, Inc.
- Hamma, A. M Kaci, ZA Mohd Ishak, R Ceccato dan A Pegoretti. 2015. "Starch-grafted-polypropylene/kenaf fibres composites. Part 2: thermal stability anddynamic-mechanical". Journal Of Reinforced Plastic and Composites.
- Hao, A, Zhao H, Jiang W, dan Chen JY. 2012. "Kenaf fiber nonwoven composites as automotive interior material: mechanical, thermal, and acoustical performance" In: Proceedings of society for the advancement of material and process engineering (SAMPE).
- Joseph, P.V., Marcelo S. Rabello, L.H.C. Mattoso, Kuruvilla Joseph, dan Sabu Thomas. 2002. "Environmental effects on the degradation behaviour of sisal fibre reinforced polypropylene composites".
- Karian, Harutun G. 2003. "Handbook Of Polypropylene and Polypropylene Composite". Second Edition, revised, and expanded.
- Karlsson, Kicki F. dan B. Tomas Astrom. 1997. "Manufacturing and applications of structural sandwich components". Department of Aeronautics Structures, Royal Institute of Technology, S- 100 44 Stockholm, Sweden.
- Li, Hui, Defang Li, Anguo Chen, Huijuan Tang, Jianjun Li, dan Siqi Huang. 2016. "Characterization of the Kenaf (*Hibiscus cannabinus*)" Global Transcriptome Using Illumina Paired-End Sequencing and Development of EST-SSR Markers.
- Maddah, Hisham A., 2016. "Polypropylene as a Promising Plastic: A review".
- Mangkoedihardjo, Sarwoko dan Dea Argita. 2016. " Fitoremediasi Tanah Inceptisols Tercegar Limbah Laundry dengan Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus L*) ". Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
- Matthews, F.L., RD Rawlings. 1993. "Composite Material Engineering And Science". Imperial College Of Science, Technology And Medicine, London, UK.
- Mazumdar, Sanjay. 2002. "Composites Manufacturing". CRC PRESS: London, New York.
- Oladele, Isiaka Oluwole dan Moshibudi Caroline Khoathane. 2016. "Influence of Chemically Modified Sisal-Fibre on the Mechanical Properties of Reinforced Homopolymer Polypropylene Composites".Bongarde, U.S.
- Onggo, Holia, Wiwik Subowo, dan Sudirman. 2005. "Analisis Termal Komposit Polipropilena-Kenaf". Pusat Penelitian Fisika (P2F)-LIPI.
- Puglia, D, J. Biagiotti, dan J. M. Kenny. 2004. "A Review on Natural Fiber Based Composites Part II: "Application of Natural Reinforcements in Composite Materials" Università degli Studi, Perugia.

- Saeed, RM, Carlos H. Castano Giraldo, Joshua PS, Reyad Sawafta. 2016. "*Uncertainty of Thermal Characterization of Phase Change Material by Differential Scanning Calorimetry Analysis*". Departement of Nuclear Engineering.
- Saheb, D.Nabi dan J.P.Jog. 1999. "*Natural Fiber Polymer Composites:A Review*" National Chemical Laboratory, India.
- Shenoy, A. V, Saini A dan V. M. Nadkarni. 2006. "*Melt Rheology of Polymer Blends from Melt Flow Index*". Polymer Science and Engineering Group, Chemical Engineering Division.
- Shinde, V.D. 2016. "*Review on natural fiber reinforcement polymer composites*".
- Shinkeyko, Lolita dan Afrilianita Degrysa. 2017. "*Laporan Praktik Kerja Lapangan di PT Polytama Propindo*".
- Tucker, Nick. 2002. "*An Introduction to Automotive Composite*" United Kingdom (Page 9).
- Wiley. 2012. "*Polymer Composites*". Volume 1, 1st edition.
- Yang, Zhan, Wen Bianying, Cao Lei, Li Xiaoyuan, dan Zhang Jinyu. 2015. "*Preparation and Properties Of Unmodified Ramie Fiber Reinforced Polypropylene Composites*". Beijing, China.
- Zugenmaier, P. 2008. "*Crystalline Cellulose and Cellulose Derivates*", Springer: Series in Wood Science, Germany:pp. 1-281.

LAMPIRAN A

GAMBAR ALAT DAN BAHAN

A. Alat



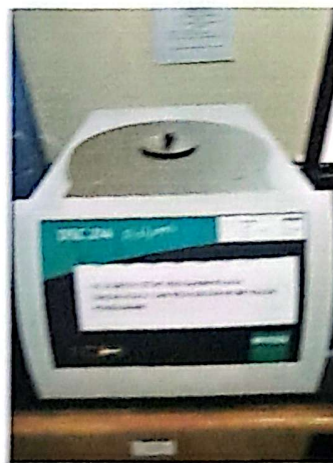
Analytical Balance Nereca Analisis



Mesin Kreader



Mesin Crusher



DSC



Spatula

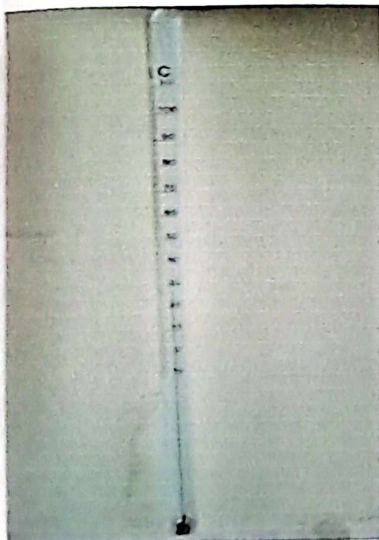
MILIK PERPUSTAKAAN STMI
Membaca : Beradab, Menguntungkan : Dosa



MFI (*Melt Flow Indexer*)



Ember



Termometer



Gelas Ukur 50 ml

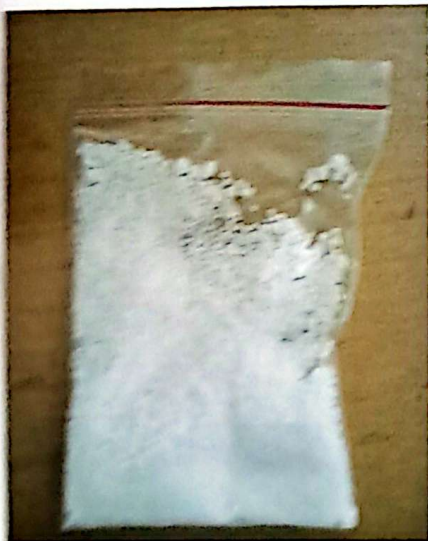


primeter



Plastik Zipper

Bahan



Polipropilena (Flake)



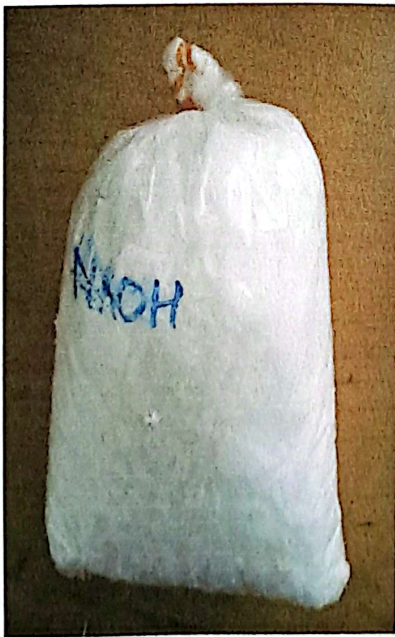
Serat Kenaf



Serat Rami



MAPP



NaOH



Irganox

LAMPIRAN B

GAMBAR PROSES PENELITIAN



Perendaman Serat dengan NaOH



Pembilasan serat dengan air bersih



Penjemuran serat



Serat yang sudah dipotong



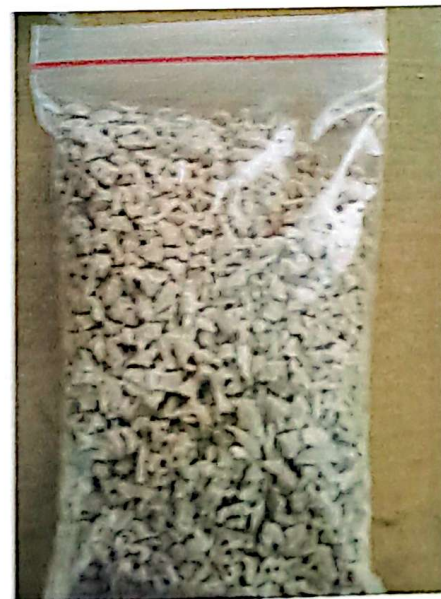
Proses pencampuran semua bahan di mesin kneader



Hasil dari mesin kneader yang berbentuk kompon



Proses pencacahan kompon di mesin crusher



Granula PP-serat kenaf/rami pendek

Hasil pengujian komposit dengan rasio massa serat kenaf:massa serat rami 1:3

Sampel	Time (s)	Weight (g)	MFR (g/10min)
1	10	0,073	4,380
2	10	0,085	5,100
3	10	0,087	5,220
Average			4,900
Std Dev			0,454
Coef Of Value			9,272

Hasil pengujian polipropilena murni

Sampel	Time (s)	Weight (g)	MFR (g/10min)
1	10	0,335	20,100
2	10	0,243	14,580
3	10	0,066	3,960
Average			12,880
Std Dev			8,203
Coef Of Value			63,689

**Hasil pengujian komposit dengan rasio massa serat kenaf:massa serat rami
1:3**

Sampel	Time (s)	Weight (g)	MFR (g/10min)
1	10	0,073	4,380
2	10	0,085	5,100
3	10	0,087	5,220
Average			4,900
Std Dev			0,454
Coef Of Value			9,272

Hasil pengujian polipropilena murni

Sampel	Time (s)	Weight (g)	MFR (g/10min)
1	10	0,335	20,100
2	10	0,243	14,580
3	10	0,066	3,960
Average			12,880
Std Dev			8,203
Coef Of Value			63,689

LAMPIRAN D

Perhitungan Kristalinitas (X_c)

Perhitungan Kristalinitas (X_c)

- Diketahui : - berdasarkan data yang diperoleh dari Blaine (-), jika polipropilena 100% kristalin, maka $\Delta H_f = \Delta H_f^0 = 207 \text{ J/g}$
- fraksi massa (w) polipropilena dalam komposit = 0,8

Sampel	T_m ($^{\circ}\text{C}$)	ΔH_f (J/g)	X_c (%)
Serat Kenaf:Serat Rami 3:1	167	95,05	57,40
Serat Kenaf:Serat Rami 1:1	166,7	79,84	48,21
Serat Kenaf:Serat Rami 1:3	166,2	86,49	52,23
Polipropilena	165,5	154,5	74,64

$$X_c = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_f^0 (w)} \times 100\%$$

A. % Kristalinitas Serat Kenaf:Serat Rami 3:1=

$$X_c = \frac{95,05 \text{ J/g}}{207 \frac{\text{J}}{\text{g}} (0,8)} \times 100\%$$

$$X_c = 57,40\%$$

B. % Kristalinitas Serat Kenaf:Serat Rami 1:1=

$$X_c = \frac{79,84 \text{ J/g}}{207 \frac{\text{J}}{\text{g}} (0,8)} \times 100\%$$

$$X_c = 48,21\%$$

C. % Kristalinitas Serat Kenaf:Serat Rami 1:3=

$$X_c = \frac{86,49 \text{ J/g}}{207 \frac{\text{J}}{\text{g}} (0,8)} \times 100\%$$

$$X_c = 52,23\%$$

D. % Kristalinitas Polipropilena=

$$X_c = \frac{154,5 \text{ J/g}}{207 \text{ J/g}} \times 100\%$$

$$X_c = 74,64\%$$