

NO. DOK. 5974.

Copy : 1

D
668-923

LAPORAN TUGAS AKHIR
PEMBUATAN KOMPOSIT POLIPROPILENA DENGAN
ZEOLIT ALAM LAMPUNG SEBAGAI *FILLER* ALTERNATIF
DI POLITEKNIK STMI JAKARTA
(September 2018 - Juli 2019)

DATA BUKU PERJUSTISAN	
Tgl. Pengantar	4/10/2021
No. Buk. Bina	14/TKP/SB/21



D
668-923 459 815
Haf
P

OLEH:

MUHAMMAD HAFIZAN 1515004

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.
JAKARTA
2019

LAPORAN TUGAS AKHIR
PEMBUATAN KOMPOSIT POLIPROPILENA DENGAN
ZEOLIT ALAM LAMPUNG SEBAGAI *FILLER* ALTERNATIF
DI POLITEKNIK STMI JAKARTA
(September 2018 - Juli 2019)

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



OLEH:

MUHAMMAD HAFIZAN 1515004

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.
JAKARTA
2019

ii

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR:

PEMBUATAN KOMPOSIT POLIPROPILENA DENGAN ZEOLIT ALAM
LAMPUNG SEBAGAI *FILLER* ALTERNATIF

DISUSUN OLEH :

NAMA : MUHAMMAD HAFIZAN

NIM : 1515004

PROGRAM STUDI: TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta.

Jakarta, Juli 2019

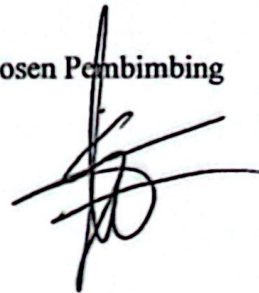
Menyetujui,

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP.195405231980031004

Dosen Pembimbing



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

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR

JUDUL TUGAS AKHIR:

PEMBUATAN KOMPOSIT POLIPROPILENA DENGAN ZEOLIT ALAM
LAMPUNG SEBAGAI *FILLER* ALTERNATIF

DISUSUN OLEH :

NAMA : MUHAMMAD HAFIZAN

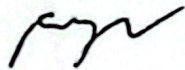
NIM : 1515004

PROGRAM STUDI: TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia
Polimer pada Politeknik STMI Jakarta pada hari Kamis, 22 Agustus 2019.

Jakarta, Agustus 2019

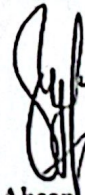
Penguji 1.



Ir. Roosmariharso, MBA

NIDK.8873590019

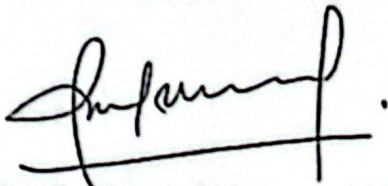
Penguji 2



Syaiful Ahsan, S.T., M.T.

NIP.19840716201402001

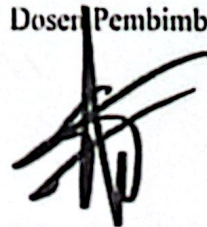
Penguji 3



Ir. Parulian Leonard Marpaung, M.M.

NIP.195702141985031002

Dosen Pembimbing



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

NIP.198210012014022001

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Muhammad Hafizan
 NIM : 1515004
 Judul Tugas Akhir : Pembuatan Komposit Polipropilena dengan Zeolit Alam Lampung sebagai *Filler* Alternatif
 Pembimbing : Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.

Tanggal	Bab	Keterangan	Paraf
30/08/2018	Bab I	Diskusi Topik Penelitian	A
31/08/2018	Bab II	Diskusi Penentuan Jurnal Sesuai Topik Penelitian.	A
05/09/2018	Bab II	Presentasi Jurnal Penelitian.	A
13/09/2018	Bab II	Diskusi Penentuan Jurnal Sesuai Topik Penelitian.	A
25/09/2018	Bab II	Presentasi Jurnal Penelitian	A
03/10/2018	Bab II	Diskusi Persiapan Bahan.	A
18/10/2018	Bab II	Diskusi langkah-langkah Penelitian.	A
01/11/2018	Judul	Penentuan Judul	A
12/11/2018	Bab II	Diskusi tempat pra parasi Zeolit.	A
04/12/2018	Bab II	Diskusi Persiapan Alat	A
23/01/2019	Bab II	Pelaporan langkah Penelitian pra parasi Zeolit.	A
06/04/2019	Bab II	Diskusi materi penelitian	A
11/02/2019	Bab II	Pelaporan hasil Compaund dengan mesin Compaund.	A
23/04/2019	Bab II	Pelaporan hasil Pembuatan Lembaran komposit dengan manual forming machine.	A
24/04/2019	Bab II	Diskusi tempat Penelitian Specimen.	A

Tanggal	Bab	Keterangan	Paraf
02/05/2015	BAB II	Diskusi tentang pengujian ketahanan tarik	f
13/05/2015	BAB II	Pelaporan Pengujian fungsi	f
28/06/2015	BAB II	Diskusi tentang pustaka	f
	BAB II	Diskusi metode penelitian	f
02/07/2015	BAB II	Diskusi tentang belatung	f
	BAB II	Diskusi tentang pustaka	f
	BAB II	Diskusi metode penelitian	f
04/07/2015	BAB II	Pelaporan Pengujian sifat termal	f
09/07/2015	BAB II	Diskusi tentang belatung	f
	BAB II	Diskusi tentang pustaka	
	BAB II	Diskusi metode penelitian	
	BAB II	Diskusi hasil dan pembahasan	
	BAB II	Diskusi kesimpulan	
15/07/2015	BAB II	Diskusi tentang belatung	
	BAB II	Diskusi hasil dan pembahasan	f
16/07/2015	BAB II	Diskusi hasil dan pembahasan	
	BAB II	Diskusi kesimpulan	
17/07/2015	-	Persiapan presentasi	f

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Muhammad Hafizan
NIM : 1515004
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya tulis Tugas Akhir yang dibuat dengan judul Pembuatan Komposit Polipropilena dengan Zeolit Alam Lampung sebagai *Filler* Alternatif:

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan 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 tulis Tugas Akhir saya.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang ada diatas, maka Tugas Akhir saya ini dapat dibatalkan.

Jakarta, Juli 2019



Muhammad Hafizan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT Yang Maha Kuasa karena atas Rahmat-Nya penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang merupakan salah satu syarat kelulusan dari Program Studi Teknik Kimia Polimer di Politeknik STMI Jakarta berjudul “Pembuatan Komposit Polipropilena dengan Zeolit Alam Lampung sebagai *Filler* Alternatif”. Pada kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang memberi dukungan dan bantuan hingga terselesaikannya Laporan Tugas Akhir ini. Dengan selesainya laporan ini, penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Mustofa, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
2. Bapak Ir. Roosmariharso, M.B.A selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
3. Ibu Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
4. Ibu Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tuga Akhir Komposit Polipropilena/Zeolit alam Lampung Politeknik STMI Jakarta.
5. Bapak Syaiful Ahsan, S.T., M.T. selaku kepala laboratorium Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta yang telah mengizinkan untuk melakukan pembuatan dan pengujian pada komposit Polipropilena/Zeolit alam Lampung di Laboratorium Polimer dan Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta.
6. Bapak Samsudin, S.T., Bapak Dahrul Hidayah, A.Md., dan Ibu Ida Nur Apriani, S.ST., M.Si. selaku operator Laboratorium Polimer dan Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta.
7. Ayah, Ibu, dan Kerabat yang selalu mendoakan dan mendukung secara moril maupun materil.
8. Teman-teman Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta angkatan 2015 selaku kawan seperjuangan.

9. Semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian laporan ini.

Penyusun juga menyadari bahwa di dalam pelaksanaan penelitian maupun penyusunan Laporan Tugas Akhir ini terdapat banyak kekurangan dan kesalahan karena keterbatasan sebagai manusia yang masih dalam tahap belajar. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun sehingga laporan penyusun selanjutnya dapat menjadi lebih baik. Akhir kata semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat untuk memberikan informasi dalam mengembangkan teknologi penggunaan komposit dengan pengisi zeolit.

Jakarta, Juli 2019

Penyusun

ABSTRAK

Penggunaan komposit dalam industri otomotif memiliki aplikasi yang luas dan diperlukan penambahan *filler* untuk mempengaruhi sifat mekanik dan sifat termal. Salah satu *filler* pada komposit yang dapat digunakan adalah zeolit. Zeolit alam yang digunakan berasal dari Lampung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakterisasi kekuatan tarik, sifat termal dan gugus fungsi dari komposit polipropilena/zeolit alam Lampung. Pembuatan komposit polipropilena/zeolit alam Lampung menggunakan *Manual Forming Machine* dengan variasi temperatur operasi 185°C dan 190°C. Pengujian kekuatan tarik menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM), pengujian sifat termal menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dan pengujian gugus fungsi menggunakan spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Penelitian ini mendapatkan nilai kekuatan tarik tertinggi pada komposit polipropilena/zeolit alam Lampung dengan variasi massa zeolit 10% dan *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene* 20% pada temperatur *Manual Forming Machine* 185°C sebesar 16,16 MPa, untuk sifat termal, semakin banyak zeolit pada komposit, maka semakin rendah nilai derajat kristalisasi dan tidak ada gugus fungsi baru yang terbentuk.

Kata kunci: komposit, polipropilena/zeolit, kekuatan tarik, sifat termal, gugus fungsi.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR.....	iv
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR.....	v
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
DAFTAR SIMBOL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Komposit.....	6
2.1.1 Penyusun Komposit	7
2.1.1.1 Matriks.....	7
2.1.1.2 Penguat (<i>Reinforcement</i>)	7
2.1.2 Jenis-jenis Komposit.....	8
2.1.2.1 Komposit Berdasarkan Matriks.....	8
2.1.2.2 Komposit Berdasarkan Jenis Penguat	8
2.2 Pengisi (<i>Filler</i>)	10
2.3 Polipropilena	10
2.3.1 Karakterisasi Polipropilena	10

2.3.2 Jenis-jenis Polipropilena.....	12
2.3.2.1 Berdasarkan Struktur	12
2.3.2.2 Berdasarkan Letak Gugus	14
2.4 Zeolit.....	15
2.4.1 Struktur dan Sifat Zeolit	15
2.4.2 Jenis-jenis Zeolit.....	17
2.4.2.1 Zeolit Alam	17
2.4.2.2 Zeolit Sintetis.....	18
2.5 <i>Coupling Agent</i>	18
2.6 Aditif.....	19
2.7 Kekuatan Tarik.....	19
2.8 Sifat Termal	21
2.9 Gugus Fungsi.....	22

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2 Alat dan Bahan.....	24
3.2.1 Alat	24
3.2.2 Bahan.....	25
3.3 Variabel Penelitian	25
3.3.1 Variabel Tetap.....	25
3.3.2 Variabel Berubah.....	25
3.4 Prosedur Penelitian.....	26
3.4.1 Persiapan Zeolit Alam Lampung.....	28
3.4.2 Persiapan Kompon Polimer.....	28
3.4.3 Pembuatan Lembaran Polipropilena dan Komposit	29
3.4.4 Pencetakan Spesimen.....	29
3.5 Tahap Pengujian atau Karakterisasi	30
3.5.1 Kekuatan Tarik	30
3.5.2 Sifat Termal.....	30
3.5.3 Gugus Fungsi	30

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kekuatan Tarik Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung	31
4.1.1 Pengaruh Persentase Berat Zeolit Alam Lampung /MAPP Terhadap Kekuatan Tarik	32
4.1.2 Pengaruh Temperatur <i>Manual Forming Machine</i> Terhadap Kekuatan Tarik	32
4.2 Sifat Termal Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung	32
4.2.1 Pengujian Sifat Termal Polipropilena Murni	33
4.2.2 Pengujian Sifat Termal Komposit pada Temperatur <i>Manual Forming Machine</i> 185°C	33
4.2.3 Pengujian Sifat Termal Komposit pada Temperatur <i>Manual Forming Machine</i> 190°C	35
4.3 Gugus Fungsi Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung	36
4.3.1 Pengujian Gugus Fungsi Komposit pada Temperatur <i>Manual Forming Machine</i> 185°C	37
4.3.2 Pengujian Gugus Fungsi Komposit pada Temperatur <i>Manual Forming Machine</i> 190°C	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN A	
LAMPIRAN B	
LAMPIRAN C	
LAMPIRAN D	
LAMPIRAN E	
LAMPIRAN F	

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Komposit Berdasarkan Jenis Penguat	9
Gambar II.2	Reaksi Polimerisasi Propilena	11
Gambar II.3	Struktur Isotaktik	14
Gambar II.4	Struktur Sindiotaktik	15
Gambar II.5	Struktur Ataktik	15
Gambar II.6	Bentuk Tetrahedral Silika atau Alumina	16
Gambar II.7	Ukuran Spesimen ASTM D638 tipe III.....	20
Gambar III.1	Skema Preparasi Zeolit Alam Lampung	26
Gambar III.2	Skema Pembuatan Lembaran Polipropilena dan Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung.....	27
Gambar IV.1	Spektrum Inframerah Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung pada Temperatur <i>Manual Forming Machine</i> 185°C.....	37
Gambar IV.2	Spektrum Inframerah Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung pada Temperatur <i>Manual Forming Machine</i> 190°C.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Jenis-Jenis dan Sifat dari Berbagai <i>Filler</i>	10
Tabel II.2	Karakterisasi dari Polipropilena.....	12
Tabel II.3	Jenis Mineral Zeolit Alam dan Rumus Kimia.....	18
Tabel II.4	Dimensi Spesimen Uji Tarik Tipe III	21
Tabel III.1	Matriks Penelitian Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung..	28
Tabel IV.1	Kekuatan Tarik Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung	31
Tabel IV.2	Hasil Pengujian Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung pada Temperatur <i>Manual Forming Machine</i> 185°C	33
Tabel IV.3	Hasil Pengujian Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung pada Temperatur <i>Manual Forming Machine</i> 190°C	35
Tabel IV.4	Rangkuman Gugus Fungsi Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung pada Temperatur <i>Manual Forming Machine</i> 185°C	38
Tabel IV.5	Rangkuman Gugus Fungsi Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung pada Temperatur <i>Manual Forming Machine</i> 190°C	40

DAFTAR SINGKATAN

- ASTM : *American Standard Testing and Material*
DSC : *Differential Scanning Calorimetry*
FTIR : *Fourier Transform Infrared*
MAPP : *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene*
UTM : *Universal Testing Machine*

DAFTAR SIMBOL

- W_f : Fraksi massa pengisi partikel
- ΔH_c : Entalpi *Cold Crystallization*
- ΔH_f : Entalpi Leleh untuk 100% Kristalisasi Polipropilena secara Teoritis
(207 J/g).
- ΔH_m : Entalpi leleh
- T_g : Temperatur gelas
- T_c : Temperatur pendinginan
- T_m : Temperatur leleh
- X_c : Derajat kristalisasi
- %wt : Persentase berat

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi yang begitu pesat dalam bidang rekayasa memerlukan material teknik dan cara produksi yang tepat untuk mewujudkannya. Salah satu inovasi rekayasa material yang sangat berkembang yaitu komposit. Komposit memiliki beberapa kelebihan yaitu lebih kuat, memiliki daya pengikat dengan matriks yang baik, ketahanan, murah sehingga dapat menggantikan beberapa volume matriks yang mahal dan mengurangi biaya dari produk akhir [1].

Pemanfaatan komposit dalam industri mobil menjadi sasaran utama pada pengurangan massa dan pengurangan emisi simultan karbon dioksida. Faktor-faktor ini yang mempengaruhi biaya material dan investasi kegiatan penelitian oleh perusahaan. Beberapa produsen mobil global (Nissan, Chrysler, Mercedes, Volkswagen, Toyota, Ford, dan Honda) menggunakan polipropilena dengan berbagai kombinasi komposit pengisi untuk bagian mobil [2]. Keuntungan dari polipropilena adalah keseimbangan yang sangat baik dari kekuatan/kekakuan, kemampuan integrasi yang baik, pengurangan kebisingan, komponen yang lebih ringan, mengurangi biaya operasional, ketahanan getaran, dan tahan terhadap bahan kimia. Akan tetapi, polipropilena tidak dapat bertahan lama tanpa adanya *filler* [2].

Komposit polipropilena memiliki pengaruh pada sifat mekanik dalam aplikasi otomotif tergantung pada pengisi mineral dengan berbagai bentuk dan ukuran partikel. Polipropilena sesuai dengan pengisi mineral atau aditif yang dapat memberikan kekakuan yang lebih tinggi dan ketahanan benturan untuk aplikasi otomotif yang diinginkan [2].

Zeolit dapat digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) untuk memperbaiki sifat-sifat dari komposit yang terbentuk. Zeolit alam merupakan mikro kristal yang tersusun atas alumina silikat alkali terhidrasi dan unsur tanah alkali dengan struktur pori teratur dan stabilitas termal yang tinggi. Dengan adanya penambahan zeolit,

maka dapat meningkatkan sifat termal dari polimer. Selain itu, mineral ini tahan terhadap pelarut organik, bahan kimia, dan memiliki kekuatan tarik tinggi dan elastisitas, serta kekerasan yang membuatnya tahan terhadap tegangan mekanik. Di Indonesia, zeolit alam tersedia berlimpah dan dapat ditemukan di berbagai daerah di Jawa, Sulawesi dan Sumatera [3].

Dalam pembuatan komposit, dibutuhkan bahan pendukung diantaranya, *coupling agent* dan aditif, Salah satu *coupling agent* yang dapat digunakan adalah *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene* (MAPP). Penggunaan MAPP diyakini dapat meningkatkan waktu pembentukan komposit [8]. Untuk aditif, salah satu jenisnya adalah antioksidan. Antioksidan digunakan agar komposit dapat terhindar dari reaksi oksidasi. Antioksidan yang dapat digunakan adalah irganox 1010. Irganox 1010 digunakan karna bersifat fleksibel dan relatif efektif pada segala kondisi [21].

Othman dan Zahari (2010) melakukan penelitian mengenai optimalisasi zeolit alam sebagai filler dalam komposit polipropilena. Zeolit yang digunakan berjenis mordenit. Variasi persentase massa zeolit yang digunakan adalah 5%; 10%; 15%; 20% dan 25%. Nilai kekuatan tarik tertinggi didapatkan pada komposit polipropilena/zeolit dengan persentase massa 5% zeolit sebesar 28,17 MPa. Untuk gugus fungsi, hasil yang didapatkan adalah bahwa terdapat gugus hidroksil pada zeolit jenis mordenit dengan bilangan gelombang $3435,18 \text{ cm}^{-1}$. Masalah utama dikarenakan interaksi yang lemah antara zeolit dengan polipropilena [4].

Motsa dkk (2013) melakukan penelitian mengenai pembuatan komposit polipropilena/zeolit. Zeolit yang digunakan berjenis klipnotilolit. Hasil pengujian termal menunjukkan bahwa penambahan zeolit tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap temperatur leleh pada komposit. Kristalinitas mengalami peningkatan dengan meningkatnya massa zeolit. Entalpi leleh berkurang apabila massa zeolit meningkat, hal ini dikarenakan *filler* menyerap energi panas berlebih.

Askalani (2018) melakukan penelitian mengenai pengaruh suhu penekanan dan komposisi maleat anhidrida terhadap sifat fisik dan mekanik komposit limbah *styrofoam* terisi serat kayu. Variasi temperatur penekanan adalah 130°C , 150°C dan 170°C . Hasil yang didapatkan pengujian kekuatan tarik tertinggi adalah 32,83 MPa

dengan temperatur penekanan 130°C.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian kali ini untuk mengetahui pengaruh penambahan zeolit alam Lampung sebagai *filler*, *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene* (MAPP) dan temperatur *Manual Forming Machine* terhadap kekuatan tarik, mengetahui sifat termal yang didapatkan dari komposit polipropilena/zeolit alam Lampung serta gugus fungsi pada komposit polipropilena/zeolit alam Lampung.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas sebelumnya, maka masalah yang dapat dirumuskan adalah:

1. Bagaimana kekuatan tarik komposit polipropilena/zeolit alam Lampung dengan penambahan zeolit alam Lampung, *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene* (MAPP) dan temperatur *Manual Forming Machine*?
2. Bagaimana sifat termal komposit polipropilena/zeolit alam Lampung dengan penambahan zeolit alam Lampung, *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene* (MAPP) dan temperatur *Manual Forming Machine*?
3. Bagaimana gugus fungsi komposit polipropilena/zeolit alam Lampung dengan penambahan zeolit alam Lampung, *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene* (MAPP) dan temperatur *Manual Forming Machine*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan dari penelitian ini adalah:

1. Zeolit alam sebagai *filler* yang diperoleh dari Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung.
2. Resin polipropilena jenis homopolimer sebagai matriks yang didapatkan dari PT Polytama Propindo, Indramayu, Jawa Barat.
3. Komposisi Irganox 1010 sebagai antioksidan sebesar 0,52% (wt) dari massa *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene* (MAPP) per sampel.
4. Variasi persentase berat dari zeolit alam Lampung sebesar 10% dan 20%.
5. Variasi persentase berat dari *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene* sebesar 20% dan 30%.

6. Pembuatan komposit polipropilena/zeolit alam Lampung dengan temperatur operasi *Manual Forming Machine* yaitu sebesar 185°C dan 190°C.
7. Analisis yang dilakukan untuk pengujian kekuatan tarik menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan *American Standard Testing and Material* (ASTM) D638, untuk pengujian sifat termal menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dengan ASTM D3418 dan untuk pengujian gugus fungsi menggunakan spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan nilai kekuatan tarik dari komposit polipropilena/zeolit alam Lampung dengan penambahan zeolit alam Lampung, *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene* (MAPP) dan temperatur *Manual Forming Machine*.
2. Mendapatkan nilai sifat termal dari komposit polipropilena/zeolit alam Lampung menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dengan penambahan zeolit alam Lampung, *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene* (MAPP) dan temperatur *Manual Forming Machine*.
3. Mendapatkan gugus fungsi dari komposit polipropilena/zeolit alam Lampung menggunakan spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dengan penambahan zeolit alam Lampung, *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene* (MAPP) dan temperatur *Manual Forming Machine*.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil pada penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi tambahan mengenai pembuatan komposit polipropilena dengan zeolit alam Lampung sebagai *filler* alternatif.

1.6 Sistematika Penelitian

BAB I: PENDAHULUAN

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

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan umum mengenai komposit, pengisi (*filler*), polipropilena, zeolit, *coupling agent*, aditif, kekuatan tarik, sifat termal serta gugus fungsi.

BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, variasi penelitian serta prosedur penelitian yang digunakan.

BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi data hasil pengukuran, analisa data yang sudah diolah menjadi grafik, pembahasan terhadap hasil pengukuran dan analisa data.

BAB V: PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang berdasarkan hasil yang telah didapat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Seiring perkembangan pesat di bidang sains dan teknologi, material juga turut berkembang. Penelitian tentang material secara bertahap berkembang ke arah perancangan material sesuai dengan sifat yang dibutuhkan. Bahan komposit yang terbuat dari bahan logam, non-logam dan polimer dengan proses tertentu dapat mempertahankan keunggulan komponen asli, mengatasi beberapa kekurangan dan menunjukkan beberapa sifat baru. Munculnya dan pengembangan bahan komposit tersebut adalah contoh klasik dari desain material [7].

Material komposit merupakan sejenis sistem multi komponen yang kompleks dan sulit untuk didefinisikan secara akurat. Material komposit adalah material kombinasi dari dua atau lebih bahan komponen dengan sifat dan bentuk yang berbeda melalui proses peracikan. Komposit tidak hanya mempertahankan utama karakteristik komponen asli, tetapi juga menunjukkan karakter baru yang tidak dimiliki oleh komponen asli [7]. Dalam industri, komposit biasanya disebut material yang memiliki sifat terintegrasi yang sangat baik dan terbuat dari bahan penguat (*reinforcement*) yang memiliki sifat kekuatan tinggi, modulus tinggi dan kerapuhan, serta bahan matriks dengan sifat modulus yang rendah dan memiliki keuletan yang tinggi [7]. Komposit juga dapat didefinisikan sebagai suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dengan sifat kimia dan fisika yang berbeda pada skala mikroskopis dan terpisahkan oleh *interface* yang berbeda [6].

Aplikasi dari penggunaan komposit terdapat pada bidang transportasi, konstruksi, material anti korosi, elektronik, olahraga dan lain-lain. Dalam pengaplikasian komposit memiliki karakteristik antara lain umumnya terdiri dari dua atau lebih material yang berbeda, dibuat dengan mencampur bahan yang terpisah sedemikian rupa untuk mencapai dispersi yang terkontrol serta seragam

dan memiliki sifat mekanik yang lebih baik dan dalam beberapa kasus berbeda secara unik dari sifat-sifat yang dihasilkan [6].

2.1.1 Penyusun Komposit

Material komposit merupakan material yang terdiri dari dua fase atau lebih yang berbeda dan memiliki sifat yang sangat berbeda [6]. Bahan komposit terdiri dari fase matriks, fase penguat, dan *interphase*. Struktur dan sifat ketiga fasenya, konfigurasi dan interaksi, serta untuk menentukan bahan komposit yang digunakan [7].

2.1.1.1 Matriks

Dalam komposit setidaknya terdapat satu dari komponen yang disebut fase matriks. Fase matriks adalah fase primer yang memiliki karakter kontinyu. Matriks biasanya bersifat lebih ulet dan kurang keras, mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah [6].

Matriks dapat berupa polimer, logam, dan keramik. Jika diberi beban, matriks akan meneruskan tegangan kepada bahan penguat sehingga ketahanan bahan komposit bertambah [7].

2.1.1.2 Penguat (*Reinforcement*)

Salah satu bagian utama dari komposit adalah *reinforcement* (penguat) yang berfungsi untuk meningkatkan sifat mekanik matriks bahan dan memberikan sifat mekanik pada bahan komposit, seperti kekuatan dan modulus tinggi. Salah satu contoh *reinforcement* yaitu *glass fiber* dalam FRP, asbestos dalam produk atap asbes, *carbon fiber* dalam produk komposit karbon [7].

2.1.2 Jenis-Jenis Komposit

Jenis-jenis komposit dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu berdasarkan jenis matriks dan jenis penguatnya yang masing-masing akan dijelaskan sebagai berikut: [6]

2.1.2.1 Komposit Berdasarkan Matriks

Berdasarkan matriks, komposit dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok besar yaitu:

- A. Komposit matriks polimer (KMP), polimer sebagai matriks.
- B. Komposit matriks logam (KML), logam sebagai matriks.

C. Komposit matriks keramik (KMK), keramik sebagai matriks.

Komposit matriks polimer (KMP) sangat populer dan sering digunakan karena metode pembuatannya yang murah dan sederhana [6]. Polimer yang sering digunakan sebagai matriks adalah poliester, vinil ester, epoksi, fenolik, polimida, poliamida, polipropilena, dan lain-lain. Dalam penelitian ini, matriks polimer yang digunakan adalah polipropilena.

2.1.2.2 Komposit Berdasarkan Jenis Penguat

Berdasarkan bahan penguat (*reinforcement*) yang digunakan, komposit dapat dibedakan menjadi tiga yaitu:

A. *Particulate Composites* (Komposit Partikel)

Particulate composites (komposit partikel) merupakan komposit yang menggunakan partikel serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya. Bahan komposit partikel pada umumnya lebih lemah dibanding dengan bahan komposit serat, namun memiliki keunggulan seperti ketahanan terhadap aus, tidak mudah retak, dan mempunyai daya pengikat dengan matriks yang baik [9]. Untuk sebagian besar komposit partikel bersifat lebih keras dan kaku dari matriks. Tingkat penguatan atau peningkatan sifat mekanik tergantung pada ikatan yang kuat pada antarmuka matriks partikel [1]. Salah satu contoh dari komposit partikel adalah beton, yang mana matriksnya adalah semen dan penguatnya berupa pasir.

B. *Structural Composites* (Komposit Struktural)

Struktural composites (komposit struktural) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri. Komposit struktural dapat dibagi menjadi dua yaitu komposit *sandwich* dan komposit lamina yang akan dijelaskan sebagai berikut:

a) Komposit *Sandwich*

Komposit *sandwich* merupakan salah satu kelas komposit struktural yang dirancang untuk menjadi balok atau panel ringan yang memiliki kekakuan dan kekuatan yang relatif tinggi [1]. Komposit *sandwich* terdiri dari dua sisi luar dan inti di antara dua lapisan. Bagian luar memiliki sifat kaku dan kuat sedangkan

bagian inti memiliki sifat yang ringan dan modulus elastisitas yang rendah. Komposit *sandwich* digunakan dalam berbagai aplikasi termasuk atap, dinding bangunan dan pesawat terbang (sayap, badan pesawat, dan bagian ekor) [1].

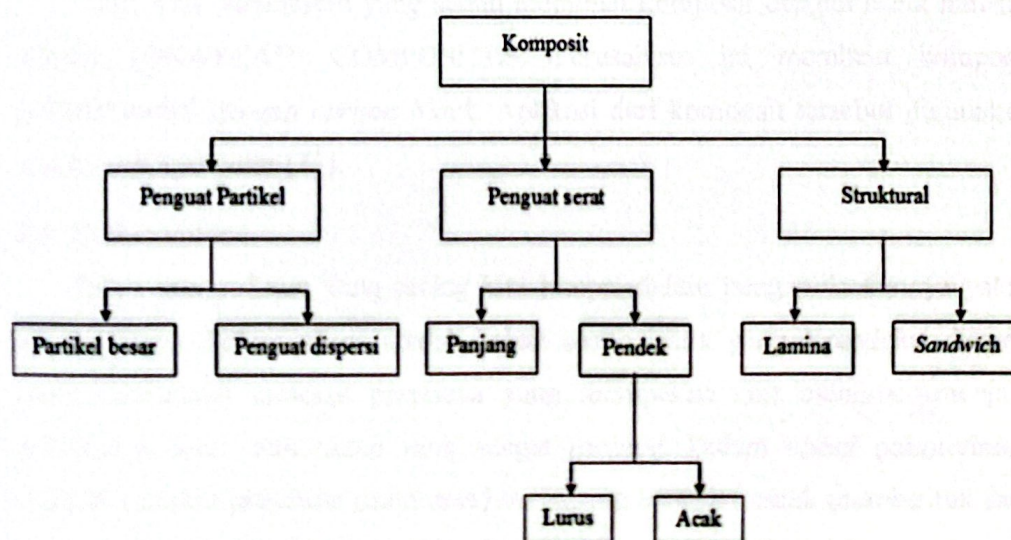
b) Komposit *Laminate*

Komposit *laminate* merupakan jenis komposit yang tersusun atas tumpukan lamina yang terikat dengan berbagai arah orientasi material utama dalam lamina. Lapisan-lapisan lamina biasanya diikat bersama oleh bahan matriks yang sama dalam lamina melapisi permukaan lamina dan digunakan untuk mengikat lamina ke lamina yang berdekatan tanpa penambahan bahan matriks yang lebih banyak. Lamina biasanya terdiri dari pelat dari bahan yang berbeda.

C. *Fibrous Composites* (Komposit serat)

Fibrous Composites (komposit serat) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu laminat atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau *fiber*. Bahan matriks yang biasa digunakan, yaitu polimer, logam, keramik, atau karbon. Serat yang digunakan bisa berupa *glass fiber*, *carbon fiber*, *aramid fiber*, dan sebagainya. Ketahanan kekuatan matriks meningkat dalam urutan seperti halnya ketahanan temperatur [1].

Berikut gambar II.1 mengenai jenis-jenis komposit berdasarkan jenis penguat sebagai berikut:



Gambar II.1 Komposit Berdasarkan Jenis Penguat

Sumber : Callister dan Rethwisch, 2009

2.2 Pengisi (*Filler*)

Pengisi (*filler*) berfungsi untuk meningkatkan performa dari komposit dan dapat mengurangi biaya dari matriks. *Filler* dapat meningkatkan viskositas resin, mengubah karakteristik, mengurangi penyusutan resin dan meningkatkan kekerasan pada permukaan [7].

Saat ini, *filler* konvensional yang sering digunakan adalah tanah liat, kuarsa, mika, talk dan lain-lain. Akan tetapi, dibutuhkan *filler* alternatif yang jauh menguntungkan dibandingkan *filler* konvensional. Salah satu *filler* alternatif yang dapat digunakan adalah zeolit yang dapat dijelaskan berikutnya. Selain murah dan mudah ditemukan, zeolit dapat memberikan dampak terhadap sifat mekanik dan termal. Tabel II.1 mengenai jenis-jenis dan sifat dari berbagai *filler*.

Tabel II.1 Jenis-Jenis dan Sifat dari Berbagai *Filler*

Jenis <i>Filler</i>	Rumus Kimia	Densitas (g/cm ³)	<i>Mohs Hardness</i>	<i>Melt Temperature</i> (°C)
<i>Limestone</i>	CaCO ₃	2,6-2,9	3-4	1339
<i>Carbon Black</i>	C	1,7-1,96	2-2,9	3550-3727
<i>Kuarsa</i>	SiO ₂	2,65	7	1500-1700
Talk	Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	2,7-2,85	1-1,15	900
<i>Zinc Oxide</i>	ZnO	5,4-5,6	4	1975

Sumber: Wypch, 2016

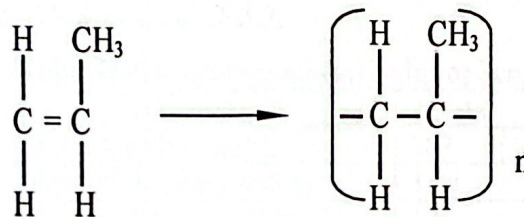
Salah satu perusahaan yang sudah membuat komposit dengan skala industri adalah TORAYCA™ COMPOSITES. Perusahaan ini membuat komposit poliakrilonitril dengan *carbon black*. Aplikasi dari komposit tersebut digunakan untuk bodi komputer [33].

2.3 Polipropilena

Salah satu polimer yang sering kita jumpai dalam pengaplikasiannya yakni polipropilena. Polipropilena adalah bahan termoplastik yang diproduksi dengan mempolimerisasi molekul propilena yang merupakan unit monomer menjadi molekul polimer atau rantai yang sangat panjang. Dalam reaksi polimerisasi, banyak molekul propilena (monomer) bergabung bersama untuk membentuk satu molekul besar polipropilena [10]. Bahan baku polipropilena didapat dengan menguraikan petroleum (nafta) dengan cara yang sama seperti pada etilen. Dengan

proses yang serupa dengan metode tekanan rendah menggunakan katalis Ziegler-Natta [11].

Monomer polipropilena ($\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$) diperoleh dari hasil samping pemurnian minyak bumi. Polipropilena ($\text{CH}_2-\text{CHCH}_3$)_n merupakan suatu jenis polimer termoplastik yang mempunyai sifat melunak dan meleleh jika dipanaskan. Polipropilena merupakan polimer hidrokarbon yang termasuk ke dalam polimer termoplastik yang dapat diolah pada temperatur tinggi [12]. Reaksi polimerisasi propilena secara umum dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar II.2 Reaksi Polimerisasi Propilena
Sumber : Surdia dan Saito, 1999

Polipropilena banyak dipakai sebagai bahan dalam produksi peralatan meja makan, keranjang, peralatan kamar mandi, keperluan rumah tangga, mainan, peralatan listrik, barang-barang kecil, komponen mobil, dll. Penggunaan yang luas itu berkat mampu cetakannya yang baik, permukaan yang licin, mengkilat, dan tembus cahaya [11].

2.3.1 Karakterisasi Polipropilena

Polipropilena merupakan jenis bahan baku plastik yang ringan, dengan densitas sekitar $0,90-0,92 \text{ g/cm}^3$, memiliki kekerasan dan kerapuhan yang paling tinggi dan bersifat kurang stabil terhadap panas. Pada temperatur ruang, beberapa sifat seperti daya regang dan kekakuan sama dengan sifat polietena bermassa jenis tinggi, tetapi sifat itu berubah pada temperatur yang lebih tinggi. Sifat kelarutan polipropilena sama dengan sifat kelarutan yang dimiliki polietilena, yakni tak larut pada temperatur ruang [12].

Kristalinitas merupakan rangkaian molekul yang saling berikatan secara teratur. Pada polimer polipropilena, rantai polimer yang terbentuk dapat tersusun membentuk daerah kristalin (molekul tersusun teratur) dan bagian lain membentuk daerah amorf (molekul tersusun secara tidak teratur) [12]. Polimer jenis ini

memiliki karakteristik yang akan berubah menjadi bentuk cair apabila dipanaskan dan akan berbentuk padat apabila didinginkan. Polipropilena memiliki sifat penyusutan yang kecil saat proses pencetakan sehingga memiliki kestabilan dimensi yang lebih baik.

Sifat-sifat polipropilena serupa dengan sifat-sifat polietilena. Dibandingkan dengan polietilena, temperatur leleh polipropilena lebih tinggi, kekuatan tarik, kekuatan lentur, dan kekakuannya juga lebih tinggi, akan tetapi ketahanan impaknya rendah terutama pada temperatur rendah [11]. Untuk karakterisasi dari polipropilena dapat dilihat pada tabel II.2.

Tabel II.2 Karakterisasi dari Polipropilena

Sifat Mekanik	Nilai
Kapasitas Panas (°C)	102
<i>Tensile Strength</i> (MPa)	35,8
<i>Tensile Modulus</i> (GPa)	1,6
<i>Impact Strength</i> (J/m)	43
<i>Melt Temperature</i> (°C)	165
Densitas (g/cm ³)	0,90
<i>Dielectric Strength</i> (MV/m)	25,6

Sumber: Harper, 2004

2.3.2 Jenis-Jenis Polipropilena

Polipropilena dapat dibedakan menjadi dua yaitu berdasarkan struktur dan berdasarkan letak gugus yang akan dijelaskan sebagai berikut:

2.3.2.1 Berdasarkan Struktur

Berdasarkan struktur, polipropilena dapat dibedakan menjadi tiga yaitu homopolimer polipropilena, kopolimer acak dan *impact copolymer* yang dijelaskan sebagai berikut:

A. Homopolimer Polipropilena

Homopolimer polipropilena adalah bahan polipropilena yang paling banyak digunakan dibandingkan rangkaian produk kopolimer acak dan *impact copolymer*. Homopolimer polipropilena dibuat dalam beberapa desain reaktor yang berbeda menggunakan katalis yang menghubungkan monomer bersama secara stereospesifik dan menghasilkan rantai polimer yang dapat dikristalisasi. Homopolimer polipropilena merupakan sistem dua fase, karena mengandung kristalin dan nonkristalin. Daerah nonkristalin atau amorf terdiri dari polipropilena

isotaktik dan polipropilena ataktik. polipropilena isotaktik di daerah amorf dapat dikristalisasi dan akan mengkristal perlahan seiring berjalannya waktu hingga batas yang memungkinkan [15].

B. Kopolimer Acak

Kopolimer acak adalah kopolimer etilena / propilena yang dibuat dalam reaktor tunggal dengan mengkopolimerisasi propilena dan sejumlah kecil etilena (biasanya 7% dan lebih rendah). Kopolimerisasi etilena mengubah sifat polimer rantai secara signifikan dan menghasilkan produk termoplastik yang dijual ke pasar yang memiliki sifat dampak yang sedikit lebih baik, kejernihan yang ditingkatkan, penurunan titik leleh atau fleksibilitas yang perlu ditingkatkan. Seiring meningkatnya kandungan etilena, ketebalan kristal secara bertahap menurun, dan ini menunjukkan dirinya dalam titik lebur yang lebih rendah. Jumlah etilena yang dimasukkan ke dalam rantai biasanya berdasarkan oleh keseimbangan antara sifat termal, optik dan mekanik [15]. Kopolimer acak dengan kerapatan berkisar 0,89 hingga 0,90 g/cm³ sedikit lebih ringan, lebih keras serta memiliki dampak temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan homopolimer polipropilena. Kopolimer acak menunjukkan ketahanan kimia yang baik terhadap asam, alkali, alkohol, dan hidrokarbon dengan titik didih rendah (hidrokarbon non-aromatik) [13].

C. *Impact Copolymer*

Impact copolymer adalah campuran fisik homopolimer polipropilena dan kopolimer acak, dengan campuran keseluruhan memiliki kandungan etilen pada orde 6-15% berat. *impact copolymer* dijual ke pasar di mana resistensi dampak yang ditingkatkan diperlukan pada temperatur rendah, terutama pada temperatur *freezer* dan di bawahnya. Bagian RCP dari campuran dirancang untuk memiliki kandungan etilen 40-65% etilen dan disebut fase karet [15]. Kopolimer dapat dibentuk dengan penambahan etilena-propilena karet (EPR), etilenepropilena- diene monomer (EPDM), polietilena, atau plastomer untuk homopolimer atau kopolimer acak. Plastomer memiliki kepadatan yang sangat rendah (<0,880 g/cc) kopolimer etilena dan olefin (seperti etilena-butena) diproduksi dengan menggunakan katalis metalosen. Karena polimerisasi tunggal pada katalis metalosena, komonomer

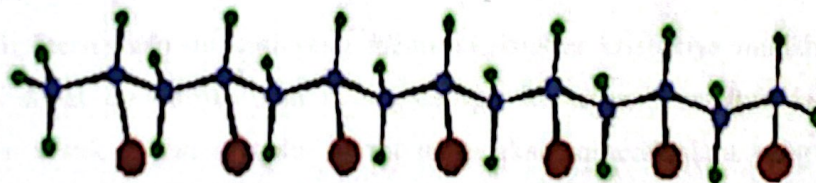
dapat dimasukkan secara seragam, menghasilkan senyawa yang homogen dengan karakteristik elastomer dan plastik. *Impact Copolymer* memiliki distribusi berat molekul yang sempit dan lebih banyak bercabang rantai panjang daripada EPDM atau EP karet [10]. Morfologi dan kristalinitas kopolimer ditentukan oleh bahan kimia komposisi, fase elastomer kuantitatif, berat molekul dan viskositas dari homopolimer dan elastomer.

2.3.2.2 Berdasarkan Letak Gugus

Berdasarkan letak gugus, polipropilena dapat dibedakan menjadi tiga yaitu polipropilena isotaktik, polipropilena sindiotaktik dan polipropilena ataktik yang dijelaskan sebagai berikut:

A. Polipropilena Isotaktik

Dalam studi tentang struktur kristal polimer, polipropilen isotaktik dianggap sebagai salah satu contoh pertama polimer sintetik dalam kristal sebagai bentuk spiral [14]. Pada struktur isotatik, semua kelompok gugus metil terletak pada satu sisi rantai polimer. Bersifat kaku pada temperatur ruang, kekuatannya tinggi dan dapat mengkristal. Umumnya polipropilena isotaktik memiliki taktisitas yang tinggi. Bahan polipropilena dengan ketahanan yang tinggi dan memiliki sifat fisik, mekanik, dan termal yang diinginkan dalam keadaan padat [15].

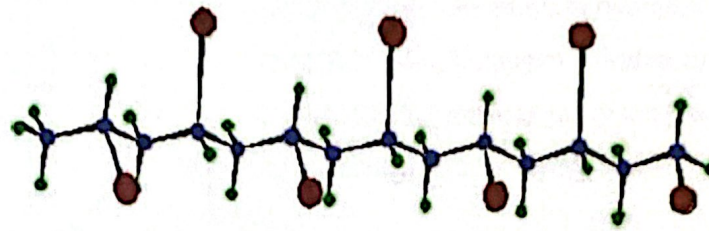


Gambar II.3 Struktur Isotaktik

Sumber: Kocsis dan Bárány, 2018

B. Polipropilena Sindiotaktik

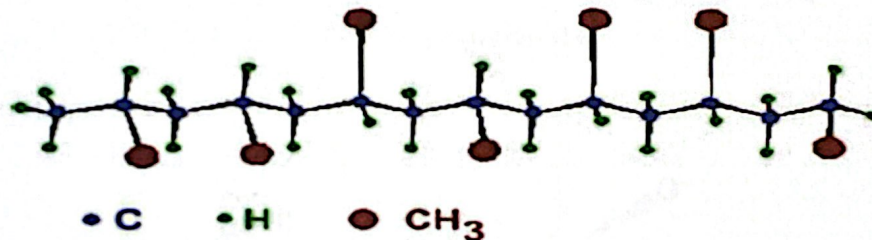
Pada struktur sindiotatik, gugus metil terletak berselang-seling berlawanan arah secara teratur pada kedua sisi rantai polimer [15]. Meningkatnya fleksibilitas rantai polipropilena sindiotaktik, dibandingkan dengan bentuk isotaktik, memungkinkan bergerak dengan lebih mudah dalam fase cair. Polipropilena sindiotaktik memiliki sifat resistensi radiasi UV dan gamma, elastisitas, dan kekuatan sobek dalam film yang baik [10].



Gambar II.4 Struktur Sindiotaktik
Sumber: Kocsis dan Bárány, 2018

C. Polipropilena Ataktik

Pada struktur ataktik, gugus metil terletak tak beraturan atau asimetris terhadap sisi rantai. Polimer sangat lentur dan tidak bisa mengkristal sehingga polipropilena ataktik bersifat amorf [15].



Gambar II.5 Struktur Ataktik
Sumber: Kocsis dan Bárány, 2018

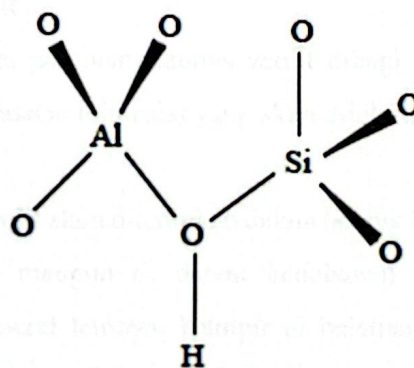
2.4 Zeolit

Zeolit merupakan mineral yang memiliki struktur kristalnya mudah diatur, sehingga dapat dimodifikasikan sesuai dengan keperluan pemakai dan dapat digunakan untuk tujuan tertentu. Zeolit merupakan mineral alam yang banyak ditemukan di alam sebagai batuan sedimen vulkano. Zeolit pertama kali ditemukan oleh Freiherr Axel Cronstedt, seorang ahli mineralogi dari Swedia pada tahun 1756. Nama zeolit berasal dari bahasa Yunani yakni *zein* yang berarti mendidih dan *lithos* yang berarti batuan, dimana nama tersebut digunakan sesuai dengan sifat zeolit dimana air dalam rongga – rongga zeolit akan mendidih bila dipanaskan [16]. Para ahli mineralogi memperkirakan bahwa zeolit alam berasal dari muntahan gunung berapi yang membeku menjadi batuan vulkanik, batuan sedimen, batuan metamorfosa dan selanjutnya melalui pelapukan karena pengaruh panas dan dingin yang terjadi dalam lubang-lubang dari batuan lava basal (*traps rock*) dan butiran

halus dari batuan sedimen piroklastik (*tuff*). Zeolit umumnya berwarna putih keabu-abuan, putih kehijau-hijauan atau putih kekuning-kuningan. Ukuran rongga pori-pori dari zeolit pada umumnya tidak lebih dari 0,3 nm hingga 1,0 nm [16]. Sebelum digunakan, zeolit biasanya diperlukan perlakuan khusus seperti aktivasi, modifikasi permukaan pada zeolit dan lain-lain.

2.4.1 Struktur dan Sifat Zeolit

Zeolit merupakan senyawa alumino-silikat yang memiliki struktur berongga dan biasanya diisi oleh air dan kation yang dapat dipertukarkan. Selain itu, zeolit memiliki ukuran pori yang tertentu dan bisa dimodifikasi. Oleh karena itu, zeolit bisa dimanfaatkan sebagai penukar ion, penyaring molekular, dan katalisator [16]. Zeolit memiliki bentuk tetrahedral $[AlO_4]^{5-}$ dan $[SiO_4]^{4-}$ yang saling berhubungan dengan atom O yang dapat dilihat dari gambar II.6.



Gambar II.6 Bentuk Tetrahedral Silika atau Alumina
Sumber: Moshoeshoe dkk, 2017

Semua zeolit terdiri dari struktur dasar dari kerangka aluminosilikat yang terdiri dari susunan tetrahedral kation silikon (Si^{4+}) dan kation aluminium (Al^{3+}) yang dikelilingi oleh empat anion oksigen (O^{2-}). Setiap ion oksigen dalam ikatan Si-O dan Al-O menghubungkan dua kation dan dibagi antara dua tetrahedron, sehingga menghasilkan kerangka tiga dimensi makromolekul dari blok bangunan tetrahedral SiO_2 dan AlO_2 . Setiap tetrahedron terdiri dari empat atom O yang mengelilingi Si atau Al kation, menghasilkan struktur tiga dimensi silikat tetrahedral dengan rasio Si:O sebesar 1: 2 [16].

Zeolit umumnya tidak mengalami perubahan struktur yang berarti jika dipanaskan pada temperatur tinggi serta tahan terhadap oksidasi dan reduksi. Pada

temperatur 600°C sebagian zeolit tidak mengalami perubahan posisi ion dalam kristal, sehingga tidak menyebabkan perubahan struktur. Permukaan zeolit dapat diubah sifatnya dengan melakukan proses modifikasi permukaan dengan menggunakan berbagai teknik. Senyawa ini akan berikatan dengan gugus silanol permukaan zeolit (SiOH) yang relatif reaktif. Modifikasi permukaan juga dapat dilakukan secara fisika untuk mengubah ukuran pori-pori permukaan. Tujuan dari modifikasi permukaan adalah untuk mendapatkan sifat yang diinginkan dari suatu zeolit seperti kemampuan interaksi dengan senyawa lain, perubahan ukuran pori, kemampuan adsorpsi terhadap adsorbat tertentu dan berbagai hal lainnya [17]. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, selain memiliki ketahanan degradasi yang baik, zeolit juga memiliki sifat-sifat seperti ketahanan terhadap pelarut organik, adsorpsi, katalis dan penukar ion.

2.4.2 Jenis-Jenis Zeolit

Berdasarkan proses pembentukannya zeolit dibagi menjadi dua jenis yaitu, zeolit alam dan zeolit buatan (sintesis) yang akan dijelaskan sebagai berikut:

2.4.2.1 Zeolit alam

Pada umumnya, zeolit alam ditemukan dalam bentuk batuan atau serpihan yang berada di permukaan maupun di dalam kedalaman sehingga mineral zeolit bercampur dengan mineral lainnya. Hampir di belahan bumi manapun tersebar zeolit alam. Di Indonesia sendiri, zeolit dapat ditemukan di berbagai daerah Jawa, Sumatra dan Sulawesi. Zeolit alam merupakan mikro kristal yang tersusun dari alumina silikat alkali terhidrasi. Zeolit alam terbentuk karena adanya proses kimia dan fisika yang kompleks dari batuan-batuan yang mengalami berbagai macam perubahan di alam. Zeolit alam yang belum diolah lebih lanjut memiliki sifat-sifat yang kurang baik, untuk itu diperlukan modifikasi khusus untuk meningkatkan sifat fisik dan kimia [17].

Komposisi kimia zeolit alam banyak tergantung pada kondisi hidrotermal lingkungan lokal, seperti temperatur, tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah lokasi kejadiannya. Hal ini menyebabkan zeolit alam dari suatu lokasi memiliki perbedaan satu sama lain. Meskipun mempunyai warna dan tekstur yang sama tetapi mungkin berbeda dalam komposisi kimia dari yang diperoleh dari

tempat lain karena adanya campuran mineral lainnya berupa partikel halus sebagai impuritis [18].

Mineral zeolit alam yang paling umum ditemui adalah klinoptilolit dan modernit. dimana zeolit klinoptilolit memiliki rasio Si/Al sekitar 4,0 sampai 5,1. Ion Na^+ dan K^+ merupakan kation yang dapat dipertukarkan, sedangkan atom Al dan Si merupakan struktur kation dan oksigen yang akan membentuk struktur tetrahedron pada zeolit [18]. Di Indonesia sendiri, Klinoptilolit banyak ditemukan di daerah Lampung. Tabel II.3 mengenai rumus kimia dari jenis zeolit alam [18].

Tabel II.3 Jenis Mineral Zeolit Alam dan Rumus Kimia

Jenis Mineral Zeolit	Rumus Kimia
<i>Clinoptilolite</i>	$(\text{K}_2\text{Na}_2\text{Ca})_3 \text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72} \cdot 21\text{H}_2\text{O}$
<i>Modernite</i>	$(\text{Na}_2\text{Ca})_4 \text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96} \cdot 28\text{H}_2\text{O}$
<i>Chabazite</i>	$(\text{CaNa}_2\text{K}_2)_2 \text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
<i>Phillipsite</i>	$\text{K}_2(\text{CaNa}_2)_2 \text{Al}_8\text{Si}_{10}\text{O}_{32} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
<i>Scolecite</i>	$\text{Ca}_4\text{Al}_8\text{Si}_{12}\text{O}_{40} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
<i>Stilbite</i>	$\text{Na}_2\text{Ca}_4\text{Al}_{10}\text{Si}_{26}\text{O}_{72} \cdot 30\text{H}_2\text{O}$
<i>Analcime</i>	$\text{Na}_{16}\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96} \cdot 16\text{H}_2\text{O}$
<i>Laumontite</i>	$\text{Ca}_4\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48} \cdot 16\text{H}_2\text{O}$
<i>Erionite</i>	$(\text{Na}_2\text{K}_2\text{MgCa}_{15})_4 \text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72} \cdot 28\text{H}_2\text{O}$
<i>Ferrierite</i>	$(\text{Na}_2\text{K}_2\text{CaMg})_3 \text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72} \cdot 20\text{H}_2\text{O}$

Sumber: Wang dan Peng, 2010

2.4.2.2 Zeolit Sintetis

Zeolit sintetis adalah zeolit yang dibuat secara rekayasa yang sedemikian rupa sehingga didapatkan karakter yang lebih baik dari zeolit alam. Zeolit sintetis lebih sering digunakan secara komersial daripada zeolit alam karena kemurnian produk kristal dan keseragaman ukuran partikel. Keuntungan utama zeolit sintetis dibandingkan dengan zeolit yang terjadi secara alami yaitu dapat direkayasa dengan berbagai sifat kimia, ukuran pori dan memiliki stabilitas termal yang lebih besar [20].

2.5 Coupling Agent

Ketika komposit polimer dibuat dengan bahan tambahan seperti serat kayu atau pengisi lainnya, bahan-bahan ini cenderung tidak mengikat dari matriks dan akan membentuk komposit yang memiliki sifat yang lemah jika tidak kompatibel dengan matriks [8]. Untuk membuat campuran bahan pembentuk komposit menjadi

kompatibel, dapat ditambahkan *coupling agent*. *Coupling agent* dapat mempercepat waktu pembentukan komposit [8].

Coupling agent dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu organik, anorganik, dan organik-anorganik [32]. *Coupling agent* organik meliputi isosianat, anhidrida, amida, imida, akrilat, klorotriazin, epoksida, asam organik, monomer, polimer, dan kopolimer. Hanya beberapa jenis *coupling agent* anorganik, seperti asam anorganik dan silikat, yang digunakan dalam komposit. *Coupling agent* organik-anorganik termasuk silan, kompleks kromium, ester anorganik, zirkonat, aluminat, dan titanat [32].

2.6 Aditif

Sebagian besar material plastik tidak dapat digunakan langsung tanpa tambahan bahan kimia lain yang disebut aditif. Dalam proses pengembangan bahan polimer, penambahan aditif tertentu ke dalam matriks polimer dapat memperoleh bahan polimer dengan cara pemrosesan yang baik dan kinerja penggunaan yang baik dan bahkan menghasilkan sifat unik yang tidak dimiliki polimer. Penambahan aditif ke dalam material plastik bertujuan untuk meningkatkan kemudahan pemrosesan, memperbaiki sifat-sifat polimer, meningkatkan stabilitas, meningkatkan sifat mekanik dan mengurangi sifat mudah terbakar [7]. Salah satu aditif yang digunakan dalam pembuatan komposit adalah irganox 1010 sebagai antioksidan.

Irganox 1010 merupakan salah satu jenis bahan aditif antioksidan berupa senyawa *phenolic* yang memiliki tingkat volatilitas rendah dan berat molekul tinggi. Senyawa ini sering digunakan untuk memperlambat reaktivitas material organik. Irganox 1010 mempunyai temperatur leleh 110-125°C dan densitas 1,15g/cm³. Pemakaian irganox 1010 dengan baik dapat meningkatkan stabilitas proses kimia dan stabilitas termal untuk aplikasi antioksidan. Stabilitas termal yang baik dapat membuat pigmen dengan kontras baik bagi material, khususnya material organik [21].

2.7 Kekuatan Tarik

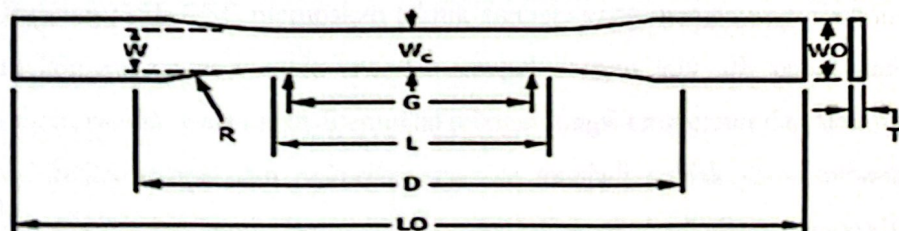
Kekuatan tarik merupakan salah satu pengujian yang sering dilakukan pada komposit. Prinsip dari pengujian kekuatan tarik adalah sampel ditarik dengan beban

pada kedua ujung, dimana gaya tarik yang diberikan sebesar gaya patahan. Pertambahan panjang akibat gaya tarik yang diberikan pada sampel disebut deformasi. Tujuan dari pengujian kekuatan tarik adalah untuk mengetahui sifat mekanik dari sampel yang telah diuji. Kekuatan tarik sering digunakan untuk pengembangan bahan serta proses, sehingga perbedaan bahan dan proses dapat dibandingkan [22]. Untuk menentukan nilai kekuatan tarik, dapat dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM).

Universal Testing Machine (UTM) adalah sebuah mesin pengujian untuk menguji tegangan tarik dan kekuatan tekan bahan atau material. *Universal Testing Machine* bisa disebut juga *universal tester*, *materials testing machine* atau *materials test frame* [22]. *Universal Testing Machine* bertujuan untuk mengumpulkan data dari material yang akan digunakan di industri sehingga operator dapat mengetahui seberapa kuat atau karakteristik material tersebut. Mesin pengujian ini telah terbukti bahwa dapat melakukan tarik banyak standar dan tes kompresi pada bahan, komponen, dan struktur. Faktor yang mempengaruhi hasil kekuatan tarik meliputi pemilihan sampel dan spesimen, desain mesin, preparasi spesimen, pemasangan sensor, interaksi antara mesin dengan spesimen dan terjemahan hasil sinyal sensor ke dalam data [22].

Othman dan Zahari tahun 2010 melakukan pengujian kekuatan tarik menggunakan ASTM D638. Panjang pengukuran dari spesimen (G) sebesar 50 mm. Kecepatan penarikan pada UTM sebesar 50 mm/menit dan 5 mm/menit.

Uji kekuatan tarik ini menggunakan standar ASTM D638 yang merupakan standar tes metode material tarik pada plastik. Spesimen uji tarik pada ASTM D638 dengan ukuran standar seperti pada gambar II.7 spesimen uji kekuatan tarik tipe III [22].



Gambar II.7 Ukuran Spesimen ASTM D638 tipe III
Sumber: Davis, 2004

Tabel II.4 Dimensi Spesimen Uji Tarik Tipe III

Dimensi Spesimen Uji Tarik	Dimensi Spesimen Untuk Ketebalan (mm)	Toleransi (mm)
W (Lebar bagian yang sempit)	19	$\pm 0,5$
L (Panjang bagian yang sempit)	57	$\pm 0,5$
Wo (Lebar keseluruhan)	29	$\pm 6,4$
Lo (Panjang keseluruhan)	246	<i>no max</i>
G (Panjang pengukuran)	50	$\pm 0,25$
D (Jarak antara grip)	115	± 5
R (Radius potongan)	76	± 1

Sumber: ASTM D638 tipe III

Standar pengujian ASTM D638 tidak dikembangkan untuk jenis komposit lanjutan dan terutama berlaku untuk modulus yang relatif rendah, bahan tanpa penguat, atau bahan volume penguat rendah serat berorientasi acak [22].

2.8 Sifat Termal

Sifat termal suatu bahan merupakan salah satu sifat yang cukup penting untuk diketahui agar bahan dapat dimanfaatkan secara optimal. Untuk mengetahui sifat termal suatu bahan diperlukan suatu metode pengukuran yang disebut analisis termal. Analisis termal dapat diidentifikasi sebagai pengukuran sifat fisika bahan yang merupakan fungsi dari temperatur. Salah satu alat yang biasa digunakan dalam analisis termal adalah *Differential Scanning Calorimeter* (DSC).

Analisis termal dengan menggunakan *Differential Scanning Calorimeter* (DSC) memberikan metode untuk mengukur transisi termal karena adanya perubahan morfologis atau kimia pada polimer ketika terjadi pemanasan atau pendinginan dengan kisaran temperatur yang telah ditentukan. Transisi ditandai dengan penyerapan atau pelepasan energi oleh sampel yang menghasilkan puncak endotermis, eksotermik atau perubahan garis dasar pada kurva pemanasan atau pendinginan [25]. DSC merupakan teknik analisis yang mengukur perbandingan antara laju alir panas menuju *crucible* sampel dengan laju alir panas menuju *reference crucible* yang dapat ditentukan sebagai fungsi temperatur dan atau fungsi waktu, ketika sampel dan *reference crucible* menjadi subjek yang sama-sama dikontrol perubahan temperturnya [26]. DSC digunakan untuk mengidentifikasi spesifik polimer, paduan polimer dan aditif polimer tertentu. DSC dapat

menentukan temperatur transisi gelas (T_g), titik leleh (T_m), derajat kristalisasi (X_c), entalpi leleh (ΔH_m), panas reaksi dan panas fusi, kapasitas panas, panas spesifik, kinetika reaksi dan kemurnian (*purity*).

Pada DSC, dua siklus dilakukan melalui pemanasan dari 25°C hingga 200°C pada 10°K / menit dan pendinginan ke temperatur kamar pada 10°K /menit. Sampel ditahan selama 2 menit pada temperatur 200°C sebelum langkah pendinginan dan selama 1 menit pada temperatur kamar sebelum siklus pemanasan kedua [27]. Pada pemanasan pertama tujuannya yaitu untuk menganalisis kristalinitas asli dari sampel. Untuk pemanasan kedua, bertujuan untuk mengukur total kristalinitas yang dapat dicapai pada kondisi DSC. Derajat kristalinitas dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\%X_c = \frac{\Delta H_m}{\Delta H_f(1-W_f)} \times 100$$

Keterangan:

ΔH_m = Entalpi leleh.

ΔH_f = Entalpi leleh untuk 100% kristalisasi polipropilena secara teoritis (207 J/g).

W_f = Fraksi massa dari *filler* partikel

2.9 Gugus Fungsi

Gugus fungsi merupakan pengujian untuk melihat ikatan kimia yang terdapat pada sampel. Komposit dapat mengalami degradasi dengan proses yang dinamakan pemutusan atau pecahnya ikatan rantai polimer. Hal ini dapat menyebabkan pengurangan berat molekul. Pemutusan ikatan dapat terjadi akibat paparan radiasi, pengaruh reaksi kimia dan temperatur [1]. Alat untuk mengetahui gugus fungsi yaitu *Fourier Transform InfraRed* (FTIR).

Fourier Transform InfraRed (FTIR) merupakan alat yang digunakan untuk menentukan gugus fungsi dari sampel dan vibrasi dari atom pada molekul. Spektrum inframerah umumnya diperoleh dengan melewatkan radiasi inframerah melalui sampel dan menentukan fraksi radiasi yang diserap pada energi tertentu. Energi di mana puncak apapun dalam spektrum serapan muncul sesuai dengan frekuensi getaran bagian sampel molekul [24].

Salah satu keunggulan spektroskopi *Fourier Transform InfraRed* (FTIR) adalah bahwa hampir semua sampel dalam hampir semua keadaan dapat dipelajari, seperti cairan, larutan, bubuk, serat, maupun gas. Alasan lain penggunaan spektroskopi inframerah juga dikarenakan alat ini memiliki sensitivitas yang tinggi sehingga mampu memeriksa sampel yang sebelumnya tidak bisa diolah [24].

Instrumen inframerah mencatat persentase transmisi pada panjang rentang gelombang linier. *Output* dari instrumen disebut sebagai spektrum. Sebagian besar instrument komersial memperlihatkan spektrum dengan bilangan gelombang yang menurun dari kiri ke kanan. Spektrum inframerah dapat dibagi menjadi tiga wilayah utama: inframerah jauh ($<400\text{ cm}^{-1}$), pertengahan ($4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$) dan dekat ($13000\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$). Skala ordinat yang digunakan dalam % transmisi dengan 100%

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan melakukan persiapan bahan baku seperti melakukan penghalusan zeolit alam Lampung, pengayakan, dan pengovenan. Persiapan bahan baku dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Jakarta, Cempaka Putih pada bulan Januari 2019. Setelah persiapan bahan, dilanjutkan dengan pembuatan komposit, pencetakan spesimen dan pengujian dilakukan di Politeknik STMI Jakarta dan Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Pasar Jum'at, Jakarta pada bulan Juni 2019.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Gambar dari alat-alat yang digunakan saat penelitian dapat dilihat pada Lampiran A.

1. Ayakan 170 mesh
2. Neraca analitik tipe Adam AFP -4100 L
3. Cawan porselin merek Haldenwanger
4. Sendok *Stainless steel* merk Doll
5. Lumpang dan alu
6. Plastik *zipper*
7. Plastik *wrap*
8. Oven tipe Nabertherm
9. Penggaris dengan panjang 30 cm merek Butterfly
10. Gunting merk Joyko
11. Jangka sorong merk Mitutoyo
12. Dua lembar Teflon dengan dimensi 20 cm × 30 cm × 0,2 cm
13. Sarung tangan kulit dan rajut

14. Cetakan lembaran komposit dengan dimensi 20 cm × 30 cm
15. Pisau cetakan spesimen ASTM D638 tipe III
16. *Teach-Line compounder* ZK 25 × 24 D
17. *Manual Forming Machine* tipe Cometech QC-601A
18. *Pneumatic Specimen Punch* tipe Toyoseiki 351000705
19. *Universal Testing Machine* (UTM) tipe Strograph R1, Toyoseiki
20. *Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy* tipe Nicolet iS10
21. *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) tipe Netzsch 214 Polyma

3.2.2 Bahan

Gambar dari bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Lampiran B.

1. Zeolit alam yang didapatkan dari Lampung Selatan, Lampung
2. Resin homopolimer Polipropilena (PP) *injection grade* MAS 5402 yang diperoleh dari PT Polytama Propindo, Indramayu, Jawa Barat
3. *Maleic Anhydride grafted Polypropylene* (MAPP) granular dari PT Tarachemindo Perkasa
4. Irganox 1010 sebagai antioksidan berupa senyawa *Phenolic*

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Tetap

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

1. Persentase irganox 1010 sebesar 0,52% (wt) dari berat *Maleic Anhydride grafted Polypropylene* (MAPP) per sampel
2. Waktu pemanasan yang digunakan pada *Manual Forming Machine* selama 22 menit
3. Spesimen pengujian kekuatan tarik sebanyak 3 buah

3.3.2 Variabel Berubah

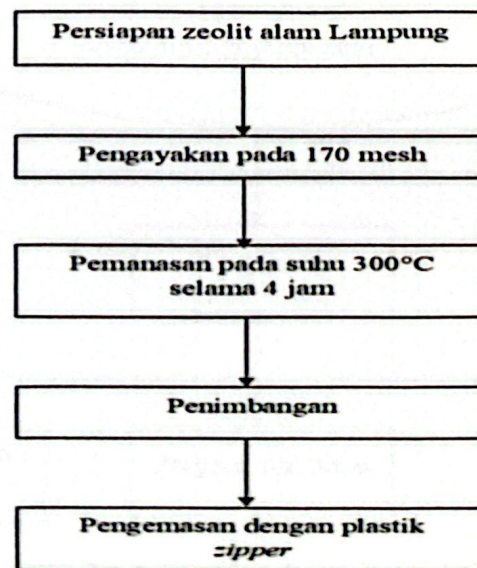
Variabel berubah adalah variabel yang divariasikan selama penelitian ini berlangsung. Bertujuan untuk mencari nilai terbaik pada sampel komposit yang terbentuk. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel III.1

tentang matriks penelitian komposit polipropilena/zeolit alam Lampung.

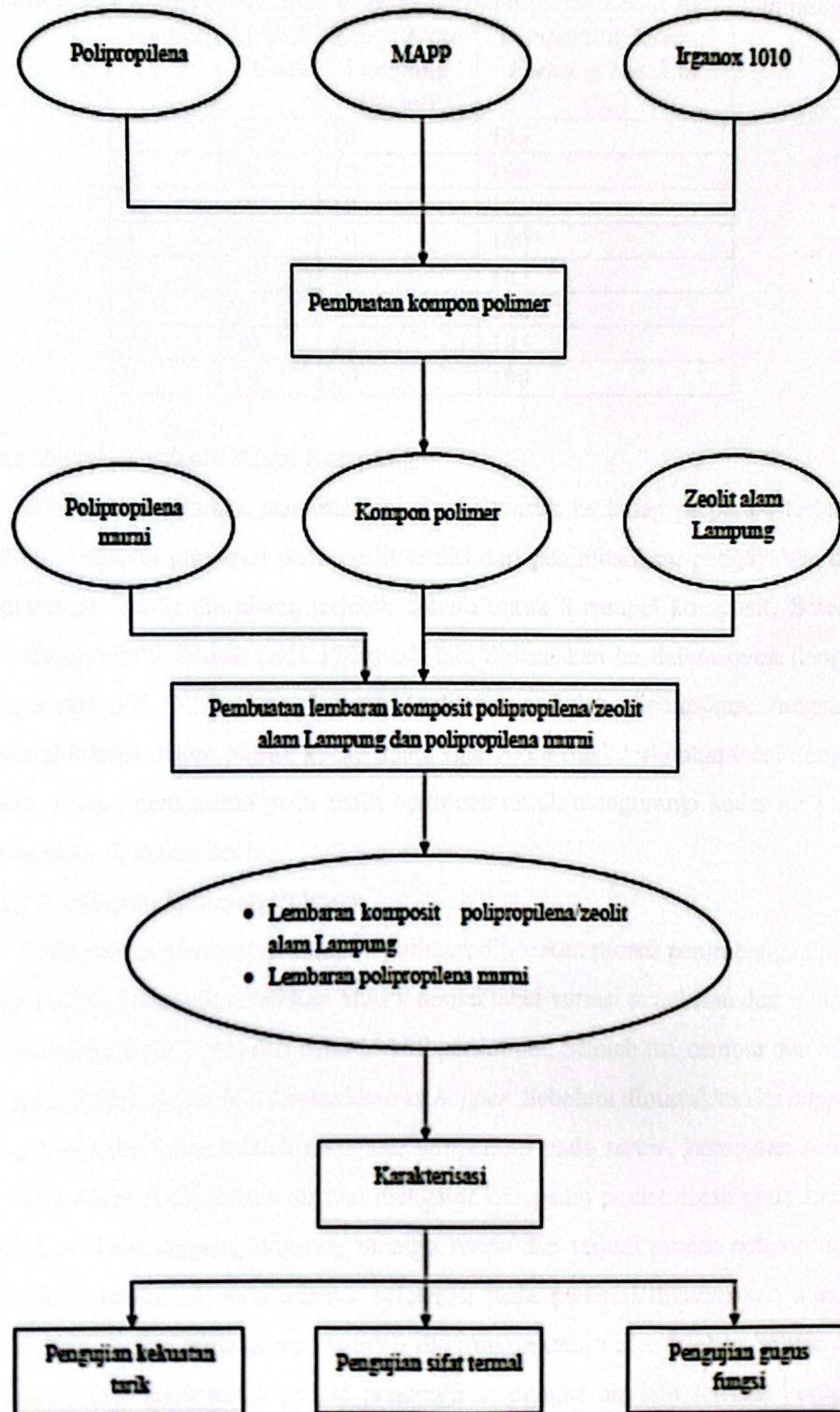
Variasi persentase berat zeolit alam Lampung dengan polipropilena, dan *Maleic Anhydride grafted Polypropylene* (MAPP) serta variasi temperatur *Manual Forming Machine* untuk mengetahui kekuatan tarik, entalpi dan gugus fungsi.

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan pertama kali adalah preparasi zeolit alam Lampung yang terdiri dari penimbangan, pengayakan pada 170 *mesh* dan pemanasan pada temperatur 300°C. Setelah itu, dilakukan penimbangan pada polipropilena, *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene* dan irganox 1010 lalu dimasukkan ke dalam *compounder* dan terbentuk kompon berupa *pellet*. Setelah *pellet* kompon terbentuk, sebar kompon pada cetakan komposit lalu sebar juga zeolit alam Lampung sebelum dicetak dengan *Manual Forming Machine*. Cetak lembaran komposit dan polipropilena dengan *Manual Forming Machine*. Setelah lembaran polipropilena dan komposit terbentuk, dilakukan pemotongan menjadi spesimen menggunakan *pneumatic specimen punch* sebelum dilakukan pengujian kuat tarik. Pengujian entalpi menggunakan patahan komposit. Pengujian gugus fungsi menggunakan lembaran komposit. Gambar III.1 mengenai Skema preparasi zeolit alam Lampung dan Gambar III.2 mengenai pembuatan lembaran polipropilena dan komposit polipropilena/zeolit alam Lampung.



Gambar III.1 Skema Preparasi Zeolit Alam Lampung



Gambar III.2 Skema Pembuatan Lembaran Polipropilena dan Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung

Tabel III.1 Matriks Penelitian Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung

Sampel	MAPP (% wt)	Zeolit Alam Lampung (% wt)	Temperatur <i>Manual Forming Machine</i> (°C)
1	20	10	185
2	20	10	190
3	30	10	185
4	30	10	190
5	20	20	185
6	20	20	190
7	30	20	185
8	30	20	190

3.4.1 Persiapan Zeolit Alam Lampung

Sebelum melakukan penelitian ini, zeolit masuk ke tahap preparasi terlebih dahulu. Tahapan preparasi pada zeolit terdiri dari penimbangan, pengayakan dan pemanasan. Zeolit ditimbang terlebih dahulu untuk 8 sampel komposit. Setelah ditimbang, zeolit diayak pada 170 mesh lalu dipanaskan ke dalam oven dengan temperatur 300 °C selama 4 jam. Zeolit yang sudah dipanaskan, langsung dimasukkan ke dalam plastik kedap udara agar zeolit tidak terkontaminasi dengan udara. Proses pemanasan pada zeolit bertujuan untuk mengurangi kadar air yang terkandung di dalam zeolit.

3.4.2 Persiapan Kompon Polimer

Pada proses pembuatan kompon polimer, dilakukan proses penimbangan pada resin polipropilena ditambahkan MAPP sesuai tabel variasi penelitian dan irganox 1010 sebesar 0,52% (wt) dari berat MAPP persampel. Setelah itu, campur dan aduk didalam plastik *zipper* lalu dimasukkan ke *hopper*. Sebelum dimasukkan ke *hopper*, yang harus disiapkan adalah mengatur temperatur pada *screw*, kecepatan *screw*, mengisi *water bath* dengan air dan mengatur kecepatan pemotongan pada *strand pelletizer*. Dari *hopper*, langsung menuju *screw* dan terjadi proses pendorongan material menuju *die* serta adanya pelelehan pada material dikarenakan adanya panas dari *heater* pada *screw*. Setelah didorong menuju *die*, lelehan keluar dan menuju *water bath* untuk proses pendinginan dengan air lalu lelehan kompon mengeras. Dari *waterbath*, kompon dimasukkan ke dalam *strand pelletizer* untuk

dipotong menjadi *pellet*. *Pellet* tersebut selanjutnya dibuat lembaran dengan *Manual Forming Machine*.

3.4.3 Pembuatan Lembaran Polipropilena dan Komposit

Pada proses pembuatan komposit dan polipropilena, mesin yang digunakan adalah *Manual Forming Machine*. Sebelum dilakukan proses pencetakan, panaskan mesin hingga mencapai temperatur 185°C atau 190°C serta atur waktu pemanasan untuk pembuatan lembaran komposit atau polipropilena selama 22 menit. Sembari menunggu mesin mencapai temperatur yang ditentukan, kompon dalam bentuk *pellet* diratakan pada pelat cetakan *Manual Forming Machine* dengan dimensi 20 cm × 20 cm yang telah dilapisi dengan teflon. Tujuan penggunaan teflon agar lembaran komposit yang dihasilkan tidak menempel pada pelat cetakan *manual forming machine*. Setelah itu, zeolit alam Lampung disebar pada permukaan kompon yang telah diratakan. Ketika mesin mencapai temperatur 185°C atau 190°C, letakkan cetakan yang berisikan campuran kompon dengan zeolit atau polipropilena ke dalam *Manual Forming Machine* lalu ditekan hingga menempel pada *heater* atas dan bawah. Tekanan diberikan setiap ada celah antara *heater* atas dan bawah. Pada menit ke 15, Tekanan diberikan sebesar 300 bar. Setelah proses pemanasan selesai, nyalakan keran air untuk mendinginkan lelehan komposit atau polipropilena sampai temperatur 70°C. Apabila mencapai temperatur 70°C, komposit atau polipropilena dapat dikeluarkan dari *Manual Forming Machine* dan dilepas dari cetakan. Setelah dilepas, lapisi lembaran komposit atau polipropilena dengan plastik *wrap*.

3.4.4 Pencetakan Spesimen

Proses pencetakan spesimen menggunakan alat *Pneumatic Specimen Punch*. Pencetakan spesimen digunakan untuk pengujian kekuatan tarik. Spesimen dicetak berdasarkan ASTM D638 tipe III. Pisau cetakan spesimen ASTM D638 tipe III diletakkan diatas lembaran komposit atau polipropilena yang sudah dicetak sebelumnya dengan *Manual Forming Machine*. Letakkan secara tepat dengan alat *Pneumatic Specimen Punch*. Setelah itu, putar kemudi secara manual hingga spesimen terbentuk. Lepaskan spesimen dari pisau cetakan secara hati-hati agar tidak patah.

3.5 Tahap Pengujian atau Karakterisasi

Pengujian dilakukan di Politeknik STMI Jakarta dan Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Sifat-sifat yang diuji pada penelitian ini adalah kekuatan tarik, entalpi, dan gugus fungsi. Persiapan sampel uji disesuaikan dengan kebutuhan alat, prosedur pengujian serta standar yang digunakan.

3.5.1 Kekuatan Tarik

Pengujian kekuatan tarik dilakukan berdasarkan standar ASTM D638. Pencetakan spesimen dibuat dengan menggunakan *Pneumatic Specimen Punch* dengan pisau cetakan tipe III. Pengujian dilakukan dengan menggunakan UTM dengan panjang *gripped* sebesar 115 mm. Banyaknya spesimen yang diuji ada tiga untuk memperoleh nilai rata-rata kekuatan tarik.

3.5.2 Sifat Termal

Pengujian komposit polipropilena dengan *filler* zeolit alam Lampung dengan DSC adalah untuk menganalisa sifat termal pada sampel komposit polipropilena/zeolit alam Lampung. Standar yang digunakan adalah ASTM D 3418-12. Sampel dimasukkan ke dalam *crucible pan* dengan material Aluminium. Berat sampel sebesar 5,7 mg untuk sekali pengujian. Pengujian ini menggunakan metode dua kali pemanasan yaitu pemanasan pertama dan pemanasan kedua. Pemanasan dimulai dari temperatur -20°C sampai 200°C . Pada saat di temperatur 200°C ditahan selama 5 menit. Kemudian didinginkan sampai temperatur -20°C , lalu ditahan selama 5 menit dan dipanaskan lagi sampai temperatur 200°C . Laju pemanasan dan pendinginan yaitu $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Lakukan pencetakan data hasil pengujian yang diperoleh.

3.5.3 Gugus Fungsi

Pengujian gugus fungsi menggunakan spektroskopi FTIR untuk menganalisa gugus fungsi yang terkandung pada sampel komposit, zeolit alam Lampung, polipropilena dan zeolit alam Lampung. Sampel yang digunakan berupa lembaran komposit/zeolit alam Lampung, polipropilena dan tepung zeolit alam Lampung. Pengujian dilakukan dengan sinar inframerah melalui satu titik. Tiap sampel memiliki dua titik yang berbeda untuk pengujian gugus fungsi. Lakukan pencetakan data hasil pengujian yang diperoleh.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kekuatan Tarik Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung

Tabel IV.1 menunjukkan nilai kekuatan tarik komposit dari setiap masing-masing variasi. Nilai kekuatan tarik yang dihasilkan adalah nilai rata-rata dari 3 spesimen yang diuji. Kemudian data hasil uji kekuatan tarik di analisa berdasarkan pengaruh dari setiap masing-masing variasi, seperti persentase berat zeolit/MAPP, dan temperatur *Manual Forming Machine*.

Tabel IV.1 Kekuatan Tarik Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung

Rasio Persentase Massa Zeolit/MAPP (%)	Temperatur <i>Manual Forming Machine</i> (°C)	Hasil Pengujian		Kekuatan Tarik Polipropilena Murni (Mpa)
		Kekuatan Tarik Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung (MPa)	Standar Deviasi	
10/20	185	16,16	1,78	29,65
10/30		14,25	3,35	
20/20		10,91	3,00	
20/30		7,75	0,96	
10/20	190	15,22	4,49	24,03
10/30		13,58	5,13	
20/20		10,38	2,05	
20/30		7,72	0,62	

Berdasarkan nilai kekuatan tarik polipropilena murni, hasil kekuatan tarik komposit polipropilena/zeolit alam Lampung dibawah nilai kekuatan polipropilena. Hal ini disebabkan penyebaran zeolit dalam pembuatan komposit dengan mesin *Manual Forming Machine* tidak merata sehingga zeolit menumpuk pada salah satu sisi komposit, terdapat kecacatan pada spesimen akibat zeolit tidak mengikat pada komposit dan interaksi yang buruk antara zeolit dengan polipropilena [4]. Faktor tersebut yang membuat hasil kekuatan tarik menurun atau dibawah dari kekuatan tarik polipropilena.

4.1.1 Pengaruh Persentase Berat Zeolit Alam Lampung/MAPP Terhadap Kekuatan Tarik

Dari hasil kekuatan tarik yang dilakukan terhadap 3 spesimen pada 8 sampel penelitian hasil pengujian dapat dilihat pada tabel IV. Perbedaan persentase berat zeolit mempengaruhi kekuatan tarik dari suatu spesimen.

Pengaruh persentase berat terhadap kekuatan tarik mengalami penurunan dan kenaikan pada kondisi tertentu. Dari tabel IV.1 kekuatan tarik tertinggi terjadi pada persentase massa zeolit 10% dan MAPP 20% yaitu sebesar 16,16 MPa dan kekuatan tarik terendah terjadi pada persentase massa zeolit 20% dan MAPP 30% sebesar 7,72 MPa. Penambahan persentase massa zeolit 20% dapat mengurangi kekuatan tarik polipropilena, hal ini dikarenakan *filler* anorganik yang keras membuat daerah *interface* baru ke dalam matriks polipropilena.

4.1.2 Pengaruh Temperatur *Manual Forming Machine* Terhadap Kekuatan Tarik

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel IV.1, temperatur *Manual Forming Machine* mempengaruhi nilai kekuatan tarik dari suatu spesimen. Pengaruh temperatur *Manual Forming Machine* terhadap kekuatan tarik mengalami penurunan dan kenaikan pada kondisi tertentu. Pada tabel IV.1 dapat diketahui bahwa kekuatan tarik tertinggi dihasilkan oleh komposit polipropilena/zeolit dengan temperatur *Manual Forming Machine* 185°C yaitu 16,16 MPa pada komposisi zeolit 10%.

Dengan persentase massa yang sama pada kedua temperatur, kekuatan tarik pada komposit polipropilena/zeolit alam Lampung dengan temperatur *Manual Forming Machine* 185°C lebih tinggi dari komposit dengan temperatur *Manual Forming Machine* 190°C. Hasil pengujian tersebut menyimpulkan bahwa penggunaan temperatur yang rendah mampu memperoleh kekuatan tarik tertinggi.

4.2 Sifat Termal Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung

Pengujian termal untuk komposit polipropilena/zeolit alam Lampung menggunakan alat *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) yang menghasilkan grafik dengan proses endotermis dan eksotermik. Proses eksotermik ditandai dengan adanya puncak yang menunjukkan nilai temperatur gelas (T_g) dan

temperatur leleh (T_m), sedangkan proses endotermis ditandai dengan adanya lembah yang menunjukkan nilai T_c . Nilai entalpi leleh (ΔH_m) dan nilai entalpi *cold crystallization* (ΔH_c) dapat dilihat di luas area dari masing-masing puncak ataupun lembah pada grafik DSC.

4.2.1 Pengujian Sifat Termal Polipropilena Murni

Berdasarkan tabel IV.2, hasil pengujian sifat termal polipropilena murni pada pemanasan pertama dan pemanasan kedua menunjukkan temperatur gelas (T_g) masing-masing pada temperatur $-9,2^\circ\text{C}$ dan $-8,9^\circ\text{C}$. Untuk temperatur leleh (T_m), pemanasan pertama dan pemanasan kedua pada polipropilena murni menunjukkan masing-masing pada temperatur $167,2^\circ\text{C}$ dan $163,1^\circ\text{C}$. Nilai ΔH_m pada pemanasan pertama sebesar $100,1\text{ J/g}$ sedangkan pada pemanasan kedua sebesar $108,9\text{ J/g}$.

4.2.2 Pengujian Komposit Pada Temperatur *Manual Forming Machine* 185°C

Hasil pengujian sifat termal pada komposit komposit polipropilena/zeolit alam Lampung dengan temperatur *Manual Forming Machine* 185°C untuk masing-masing variasi dapat dilihat pada Lampiran F. Untuk hasil pengujian sifat termal komposit polipropilena/zeolit alam Lampung dirangkum pada tabel IV.2.

Tabel IV.2 Hasil Pengujian Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung pada Temperatur *Manual Forming Machine* 185°C

Rasio Persentase Massa Zeolit/MAPP (%)	Pemanasan Pertama			
	T_g ($^\circ\text{C}$)	T_m ($^\circ\text{C}$)	ΔH_m (J/g)	X_c (%)
Polipropilena	-9,2	167,2	100,1	48,36
10/20	-9,8	164,9	78,26	42,01
10/30	-8,9	164,8	92,25	49,52
20/20	-7,1	165,1	85,69	45,97
20/30	-9,5	164,7	85,00	45,63
Rasio Persentase Massa Zeolit/MAPP (%)	Pemanasan Kedua			
	T_g ($^\circ\text{C}$)	T_m ($^\circ\text{C}$)	ΔH_m (J/g)	
Polipropilena	-8,9	163,1	108,9	
10/20	-9,3	161,1	71,08	
10/30	-10,0	158,4	88,72	
20/20	-10,5	159,1	85,89	
20/30	-9,8	161,2	78,38	

Berdasarkan hasil pengujian sifat termal pada tabel IV.2, penambahan *filler* pada komposit polipropilena/zeolit alam Lampung dapat menaikkan nilai temperatur gelas (T_g) pada pemanasan pertama yaitu dari $-9,8^\circ\text{C}$ menjadi $9,5^\circ\text{C}$, sedangkan pada pemanasan kedua, nilai T_g menjadi berkurang yaitu dari $-9,3^\circ\text{C}$ menjadi $-9,8^\circ\text{C}$. Hal tersebut dapat disebabkan karena pemuatan zeolit yang berbeda [28].

Pada nilai temperatur leleh pada pemanasan pertama menjadi semakin tinggi dengan bertambahnya komposisi *filler* yaitu dari $164,9^\circ\text{C}$ menjadi $165,1^\circ\text{C}$, hal ini dikarenakan *filler* tidak banyak menyerap energi panas. Untuk pemanasan kedua, nilai temperatur leleh semakin menurun dengan semakin banyaknya penambahan *filler* yaitu dari $161,1^\circ\text{C}$ menjadi $159,1^\circ\text{C}$. Hal ini disebabkan meningkatnya energi panas pada *filler*, sehingga banyak energi panas yang diserap pada sampel. Pada temperatur leleh (T_m) dari komposit polipropilena/zeolit alam Lampung yang dihasilkan tidak berbeda secara signifikan dan berkisar antara $159,1^\circ\text{C}$ hingga $165,1^\circ\text{C}$. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan aditif tidak mempengaruhi proses pencairan lembaran [5].

Pada pemanasan pertama merupakan indikasi langsung dari keadaan kristalinitas lembaran. Meskipun lembaran polipropilena adalah 30% kristal, komposit memiliki kristalinitas yang lebih tinggi (35-45%). Dengan pendinginan polipropilena, didapatkan nilai kristalinitas yang hampir sama. Pemanasan dan pendinginan film dengan temperatur yang sama selama dua kali menunjukkan stabilitas film ke siklus pemanasan dan pendinginan. Lembaran yang mengandung zeolit akan terurai dalam siklus pemanasan kedua, sehingga lembaran tidak meleleh atau tidak ada proses endotermis yang menyebabkan tidak adanya kristalinitas [28]. Banyaknya penambahan zeolit pada komposit polipropilena/zeolit alam Lampung dapat mempengaruhi persen kristalinitas.

Di udara, zeolit alam Lampung tidak menyebabkan polipropilena teroksidasi. Dalam atmosfer (N_2) meskipun degradasi termal polipropilena terjadi lebih awal dari pada zeolit, komposit akan terdegradasi dengan laju lebih cepat dari polipropilena ketika degradasi dimulai. Pada temperatur pemrosesan 200°C , zeolit tidak berpengaruh pada degradasi polipropilena [28].

4.2.3 Hasil Pengujian Komposit pada Temperatur *Manual Forming Machine* 190°C

Hasil pengujian sifat termal pada komposit polipropilena/zeolit alam Lampung dengan temperatur *Manual Forming Machine* 190°C untuk masing-masing variasi dapat dilihat pada Lampiran F. Untuk hasil pengujian sifat termal komposit polipropilena/zeolit dirangkum pada tabel IV.3.

Tabel IV.3 Hasil Pengujian Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung pada Temperatur *Manual Forming Machine* 190°C

Rasio Persentase Massa Zeolit/MAPP (%)	Pemanasan pertama			
	T _g (°C)	T _m (°C)	ΔH _m (J/g)	X _c (%)
Polipropilena	-9,2	167,2	100,10	48,36
10/20	-8,9	163,0	95,77	51,40
10/30	-10,2	163,3	94,71	50,83
20/20	-10,7	166,2	90,62	48,64
20/30	-11,2	165,9	79,98	42,93
Rasio Persentase Massa Zeolit/MAPP (%)	Pemanasan kedua			
	T _g (°C)	T _m (°C)	ΔH _m (J/g)	
Polipropilena	-8,0	163,1	108,90	
10/20	-9,3	158,1	91,07	
10/30	-9,6	158,2	92,49	
20/20	-9,3	163,0	82,12	
20/30	-3,4	161,7	74,20	

Berdasarkan hasil pengujian sifat termal pada tabel IV.3, penambahan *filler* pada komposit polipropilena/zeolit alam Lampung dapat mengurangi nilai temperatur gelas (T_g) pada pemanasan pertama yaitu dari -9,8°C menjadi -11,2°C sedangkan pada pemanasan kedua nilai temperatur gelas (T_g) mengalami peningkatan yaitu dari -9,3°C menjadi -3,4°C. Hal ini berbanding terbalik dengan komposit polipropilena/zeolit alam Lampung pada temperatur *Manual Forming Machine* 185°C.

Pada nilai temperatur leleh pada pemanasan pertama menjadi semakin tinggi dengan bertambahnya komposisi *filler* yaitu dari 163,0°C menjadi 165,9°C. Untuk pemanasan kedua yaitu 158,1°C menjadi 161,7°C. Penambahan zeolit dapat

meningkatkan temperatur leleh, akan tetapi nilai temperatur leleh komposit tidak jauh berbeda dengan nilai temperatur leleh polipropilena. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *filler* tidak secara signifikan mempengaruhi temperatur leleh polipropilena [28]. Seperti pada komposit dengan temperatur *Manual Forming Machine* 185°C, komposit dengan temperatur *Manual Forming Machine* 190°C juga mengalami kenaikan temperatur leleh dengan penambahan zeolit alam Lampung.

Penambahan zeolit pada komposit polipropilena/zeolit alam Lampung dapat mempengaruhi persen kristalinitas. Polimer polipropilena yang bagus akan memiliki nilai kristalisasi 36,14% yang merupakan tipikal dari polipropilena isotaktik [28]. Tingkat kristalisasi meningkat dengan ditambahkan bahan pengisi (*filler*) untuk komposit. Tidak ada perbedaan yang signifikan antara kristalinitas 10% dan 20% zeolit pada komposit. Sama halnya pada komposit dengan temperatur *Manual Forming Machine* 185°C, pada komposit dengan temperatur *Manual Forming Machine* 190°C mengalami penurunan nilai derajat kristalisasi seiring dengan penambahan zeolit sebagai *filler*.

Entalpi leleh (ΔH_m) menunjukkan penurunan dengan adanya penambahan zeolit untuk pemanasan pertama dan pemanasan kedua. Hal ini dikarenakan bahwa *filler* menyerap lebih banyak energi panas [28]. Sama halnya dengan komposit pada temperatur *Manual Forming Machine* 185°C pada komposit dengan temperatur *Manual Forming Machine* 190°C untuk nilai entalpi leleh (ΔH_m) akan mengalami penurunan dengan semakin banyaknya komposisi zeolit yang digunakan.

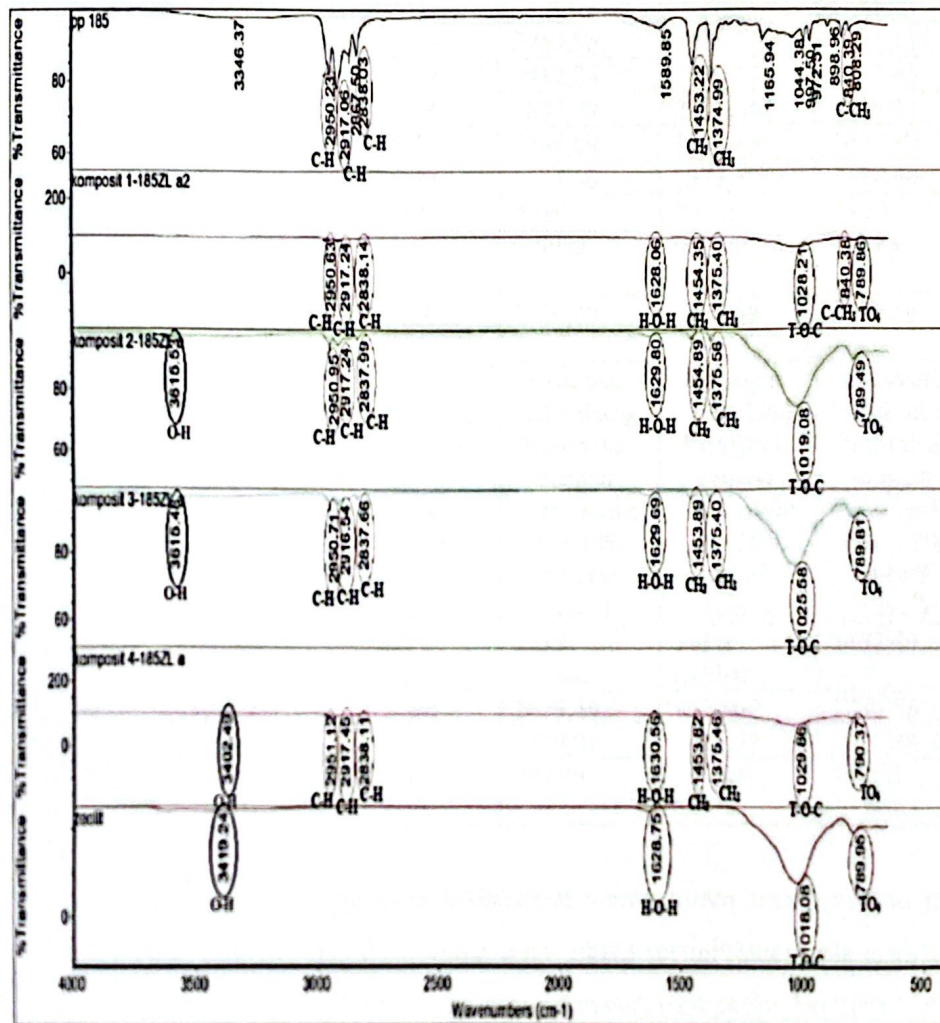
4.3 Gugus Fungsi Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung

Pengujian FTIR pada penelitian ini digunakan untuk menganalisis jenis komponen yang terdapat pada polipropilena murni, zeolit alam Lampung dan komposit polipropilena dengan *filler* zeolit alam Lampung. Spektroskopi FTIR yaitu metode spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi *fourier* untuk menganalisis spektrum yang dihasilkan.

Pengujian gugus fungsi dengan menggunakan FTIR dilakukan secara 2 kali di setiap lembaran komposit. Dari 2 kali pengujian gugus fungsi, diambil hasil spektrum terbaik yang dihasilkan dari masing-masing lembaran komposit dan

dibandingkan dengan polipropilena murni berdasarkan temperatur *Manual Forming Machine* dan zeolit alam Lampung yang digunakan serta menganalisa jenis ikatan yang terdapat pada komposit polipropilena/zeolit alam Lampung, polipropilena murni dan zeolit alam Lampung.

4.3.1 Pengujian Gugus Fungsi Komposit Pada Temperatur *Manual Forming Machine* 185°C



Gambar IV.1 Spektrum Inframerah Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung pada Temperatur *Manual Forming Machine* 185°C

Tabel IV.4 merupakan hasil pengujian gugus fungsi dan jenis ikatan yang dimiliki oleh polipropilena dan komposit polipropilena/zeolit alam Lampung pada temperatur *Manual Forming Machine* 185°C dari gambar IV.1.

Tabel IV.4 Rangkuman Gugus Fungsi Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung pada Temperatur *Manual Forming Machine* 185°C

Jenis Ikatan Sumber: Jung dkk (2018)	Bilangan Gelombang Polipropilena (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang Komposit dengan 10% zeolit dan 20% MAPP (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang Komposit dengan 10% zeolit dan 30% MAPP (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang Komposit dengan 20% zeolit dan 20% MAPP (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang Komposit dengan 20% zeolit dan 30% MAPP (cm ⁻¹)
O-H <i>stretch</i>	3346,37	Tidak terlihat	3615,53	3615,48	Tidak terlihat
C-H <i>stretch</i>	2950,23	2950,63	2950,95	2950,71	2951,12
C-H <i>stretch</i>	2867,50	2917,24	2917,24	2916,54	2917,45
C-H <i>stretch</i>	2838,03	2838,14	2837,99	2837,66	2838,11
CH ₂ <i>bend</i>	1453,22	1454,35	1454,89	1453,89	1453,82
CH ₃ <i>bend</i>	1374,99	1375,40	1375,56	1375,40	1375,46
CH ₂ <i>rock</i> , C-CH ₃ <i>stretch</i>	840,39	840,38	Tidak terlihat	Tidak terlihat	Tidak terlihat
O-H <i>deformation</i>	1628,75	1628,06	1629,80	1629,69	1630,56
Jenis Ikatan Sumber: Othman dan Zahari (2010)	Bilangan Gelombang Zeolit (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang Komposit dengan 10% zeolit dan 20% MAPP (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang Komposit dengan 10% zeolit dan 30% MAPP (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang Komposit dengan 20% zeolit dan 20% MAPP (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang Komposit dengan 20% zeolit dan 30% MAPP (cm ⁻¹)
O-H <i>stretch</i>	3419,24	Tidak terlihat	Tidak terlihat	Tidak terlihat	3402,49
H-O-H	1628,75	1628,06	1629,80	1629,69	1630,56
Si-O-C	1018,08	1028,21	1019,08	1025,58	1029,86
T-O (T=Si atau Al)	789,95	789,86	789,49	789,81	790,37

Pada gambar IV.1, spektrum inframerah warna hitam menunjukkan pola spektrum polipropilena (pp 185), warna ungu muda menunjukkan pola spektrum komposit polipropilena/zeolit dengan persentase massa 10% zeolit dan 20% MAPP (komposit 1-185 ZLa2), warna hijau untuk komposit dengan persentase massa 10% zeolit dan 30% MAPP (komposit 2-185 ZLa), warna biru untuk komposit polipropilena/zeolit dengan persentase massa 20% zeolit dan 20% MAPP (komposit 3-185 ZLa), warna ungu tua untuk komposit polipropilena/zeolit dengan persentase

Tabel IV.5 merupakan hasil pengujian gugus fungsi dan jenis ikatan yang dimiliki oleh polipropilena dan komposit polipropilena/zeolit alam Lampung pada temperatur *Manual Forming Machine* 190°C dari gambar IV.2.

Tabel IV.5 Rangkuman Gugus Fungsi Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung pada Temperatur *Manual Forming Machine* 190°C

Jenis Ikatan Sumber: Jung dkk (2018)	Bilangan Gelombang Polipropilena (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang Komposit dengan 10% zeolit dan 20% MAPP (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang Komposit dengan 10% zeolit dan 30% MAPP (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang Komposit dengan 20% zeolit dan 20% MAPP (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang Komposit dengan 20% zeolit dan 30% MAPP (cm ⁻¹)
O-H <i>stretch</i>	3726,26	3613,97	3615,11	3404,48	Tidak terlihat
C-H <i>stretch</i>	2950,58	2950,74	2950,78	2950,69	2951,28
C-H <i>stretch</i>	2867,56	2917,11	2917,36	2916,61	2917,41
C-H <i>stretch</i>	2837,93	2838,04	2838,15	2838,40	2837,96
CH ₂ <i>bend</i>	1452,81	1453,89	1454,37	1454,12	1454,32
CH ₃ <i>bend</i>	1375,09	1375,45	1375,52	1375,51	1375,69
CH ₂ <i>rock</i> , C-CH ₃ <i>stretch</i>	840,26	840,35	840,65	840,52	840,42
O-H <i>Deformation</i>	1628,75	1630,04	1630,26	1630,78	1631,43
Jenis Ikatan Sumber: Othman dan Zahari (2010)	Bilangan Gelombang Zeolit (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang Komposit dengan 10% zeolit dan 20% MAPP (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang Komposit dengan 10% zeolit dan 30% MAPP (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang Komposit dengan 20% zeolit dan 20% MAPP (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang Komposit dengan 20% zeolit dan 30% MAPP (cm ⁻¹)
O-H <i>stretch</i>	3419,24	Tidak terlihat	Tidak terlihat	3404,48	Tidak terlihat
H-O-H	1628,75	1630,04	1630,26	1630,78	1631,43
Si-O-C	1018,08	1030,43	1032,55	1029,67	1031,81
T-O (T=Si atau Al)	789,95	789,86	789,49	789,81	790,37

Pada gambar IV.2, spektrum inframerah warna hijau tua menunjukkan pola spektrum polipropilena (pp 190), warna kuning menunjukkan pola spektrum komposit polipropilena/zeolit dengan persentase massa 10% zeolit dan 20% MAPP pada tabel IV.5 adalah (komposit 1-190 ZLa), warna ungu tua untuk komposit

dengan persentase massa 10% zeolit dan 30% MAPP (komposit 2-190 ZLa), warna ungu muda untuk komposit polipropilena/zeolit dengan persentase massa 20% zeolit dan 20% MAPP (komposit 3-190 ZLa), warna hijau tua untuk komposit polipropilena/zeolit dengan persentase massa 20% zeolit dan 30% MAPP (komposit 4-190 ZLa) dan warna merah untuk zeolit alam Lampung (zeolit).

Berdasarkan hasil spektrum yang didapatkan, menunjukkan bahwa gugus fungsi komposit polipropilena/zeolit alam dengan temperatur *Manual Forming Machine* 190°C tidak jauh berbeda dengan gugus fungsi komposit polipropilena/zeolit alam dengan temperatur *Manual Forming Machine* 185°C yang ditunjukkan pada gambar IV.2. Pada temperatur *Manual Forming Machine* 190°C pada semua komposit bilangan gelombang tersebut muncul, hal ini dapat disebabkan karena pengaruh temperatur pada 5 spektrum inframerah pada gambar IV.2, yaitu spektrum berwarna biru muda untuk komposit polipropilena/zeolit dengan persentase massa 10% zeolit dan 20% MAPP (komposit 1), warna ungu untuk komposit dengan persentase massa 10% zeolit dan 30% MAPP 30% (komposit 2), warna biru untuk komposit polipropilena/zeolit dengan persentase massa 20% zeolit dan 20% MAPP (komposit 3), dan warna merah untuk komposit polipropilena/kenaf pendek dengan dengan persentase massa 20% zeolit dan 30% MAPP (komposit 4). Pada polipropilena pada temperatur *Manual Forming Machine* 185°C hampir sama dengan polipropilena dengan temperatur *Manual Forming Machine* 190°C. Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan hasil FTIR pada penelitian Jung dkk (2018).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian serta pengujian, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kekuatan tarik tertinggi didapatkan oleh komposit polipropilena/zeolit alam Lampung dengan persentase massa zeolit 10%, MAPP 20% dan temperatur pencetakan *Manual Forming Machine* 185°C sebesar 16,16 MPa. Adapun pengaruh temperatur *Manual Forming Machine* pada komposit polipropilena/zeolit alam Lampung bahwa kenaikan temperatur *Manual Forming Machine* menghasilkan nilai kekuatan tarik yang rendah.
2. Sifat termal pada komposit polipropilena/zeolit alam Lampung yaitu:
 - a. Pada temperatur *Manual Forming Machine* 185°C temperatur gelas (T_g) pada pemanasan pertama lebih rendah dibandingkan dengan pemanasan kedua, akan tetapi pada temperatur *Manual Forming Machine* 190°C nilai T_g berbanding terbalik, pada pemanasan pertama lebih rendah, dibandingkan dengan pemanasan kedua.
 - b. Temperatur leleh (T_m) pada temperatur *Manual Forming Machine* 185°C dan 190°C dengan pemanasan pertama dan pemanasan kedua mengalami kenaikan dengan adanya penambahan *filler*.
 - c. Nilai entalpi leleh (ΔH_m) pada pemanasan pertama dan pemanasan kedua akan mengalami penurunan dengan semakin banyaknya komposisi zeolit yang digunakan.
 - d. Pada pemanasan pertama, persen kristalinitas mengalami penurunan dengan banyaknya penambahan zeolit sebagai *filler*, sedangkan pada pemanasan kedua komposit tidak memiliki nilai persen kristalinitas dikarenakan tidak adanya proses endotermis yang menyebabkan tidak adanya kristalisasi.

3. Gugus fungsi dari komposit polipropilena/zeolit alam Lampung tidak terbentuk gugus fungsi yang baru dan keberadaan gugus $789,95 \text{ cm}^{-1}$ menandakan komponen utama zeolit dan terdeteksi pada setiap komposit.

5.2 Saran

Berdasarkan pada data hasil pengujian didapatkan saran sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) agar terlihat distribusi penyebaran *filler* zeolit alam Lampung.
2. Menyebarkan zeolit alam Lampung secara merata diatas kompon polimer sebelum pembuatan komposit agar tidak menumpuk pada satu sisi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Callister, W.D., Rethwisch, D.G., "Material Science and Engineering: An Introduction", (8th edition), John Wiley & Sons, Ltd., 2014.
2. Thriveni, Thenepalli., Ahn Young Jun, Choon Han, Chilakala, Ramakrishna., Ji Whan Ahn, "A Strategy of Precipitated Calcium Carbonate (CaCO₃) Fillers for Enhancing the Mechanical Properties Of Polypropylene Polymers", Korean Journal of Chemical Engineering, June, 2015.
3. Bukit, N., "Mechanical and Thermal Properties of Polypropylene Reinforced by Calcined and Uncalcined Zeolite", Journal Makara Series Technology, 16, 2, 121-128, 2012.
4. Othman N., Azahari, N., "Optimization of Zeolite as Filler in Polypropylene Composite", Journal of Reinforced Plastics and Composites, 29:14, 2211-2226, SAGE Publication, 2010.
5. Duangkamon, Jiraroj., Sukkanaste, Tungasmita., Duangamo, Nuntasri Tungasmita., "Zeolite A-polypropylene and silver-zeolite A-polypropylene composite films for antibacterial and breathable applications", Journal of Applied Polymer Science, 134(43), 45450, 2017.
6. Thomas S., Kuruvilla J., Sant K. M., Koichi G., & Meyyarappallil, S. S., "Polymer Composites: Volume 1", 1st Edition, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2012.
7. Wang Ru-Min, "Polymer Matrix Composites and Technology", Science Press Beijing, 2011.
8. Coleman, Ernest A., "Applied Plastics Engineering Handbook", Elsevier, 2011.
9. Jones, Robert M., Mechanics of Composite Materials, McGraw-Hill Kogakusha, LTD, Washington D.C., 1975.
10. Maier, C., Calafut, T., "Polypropylene: The Definitive Users Guide and Handbook". Norwich, NY: Plastics Design Library/William Andrew Publishing. 1998.
11. Surdia, T., Saito, S., "Pengetahuan Bahan Teknik", Cet .4, Jakarta: Pradnya Paramita. 1995.
12. Harsojuwono, Bambang Admadi., Arnata, I Wayan., "Teknologi Polimer Industri Pertanian", Denpasar: Intermedia, 2015.

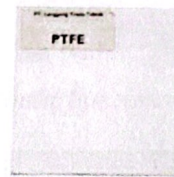
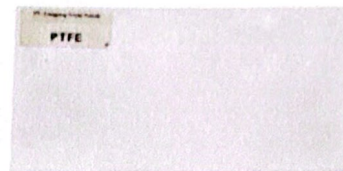
13. Harper, C. A., "Handbook of Plastic, Elastomers & Composites. Fourth Edition", New York: McGraw – Hill, 2002.
14. Karger, Kocsis J., Bárány, Tamás., "Polypropylene Handbook: Morphology, Blends and Composites". Hungary: Springer, 2018.
15. Karian, Harutun G., "Handbook of Polypropylene and Polypropylene Composites", Second Edition, Marcel Dekker, Inc, 2003.
16. Moshoeshe, M., Nadiye-Tabbiruka, S., Obuseng, V., "A Review of the Chemistry, Structure, Properties and Applications of Zeolites", American Journal of Materials Science, 7(5), 196–221, 2017.
17. Mockovčiaková, A., Matik, M., Orolínová, Z., "Structural Characteristics of Modified Natural Zeolite", Journal of Porous Materials, 15(5), 559–564, 2008.
18. Las, T., Zamroni, H., "Penggunaan Zeolit Dalam Bidang Industri dan Lingkungan", Jurnal Zeolit Indonesia, 23–30, 2002.
19. Wang, S., Peng, Y., "Natural Zeolites as Effective Adsorbents In Water And Waste Water Treatment", Chemical Engineering Journal, 156(1), 11–24, 2010.
20. Georgiev, D., Bagdanov, Bogdan., Angelova, Krasimira., Markovska, Irena., Hristov, Yancho., "Synthetic Zeolites - Structure, Classification, Current Trends in Zeolite Synthesis Review," Technical Studies, hal 1-5, 2009.
21. Klyosov, Anatole A., "Wood-Plastic Composite". Wiley-Interscience, Canada, 2007.
22. Davis, J.R., Tensile Testing Second Edition Ohio: Materials Park, 2004.
23. ASTM. D638 - 14, Standard Test Method for Tensile Properties of - Plastics. ASTM International, USA, 2014.
24. Stuart, B., "Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications", Wiley, 2004.
25. "Standard Test Method for Transition Temperatures and Enthalpies of Fusion and Crystallization of Polymers by Differential Scanning Calorimetry", ASTM International, United State: Universidad Del Valle pursuant to License Agreement, 2013.
26. Brown, M. E., "Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry", Elsevier, Vol 1: Principles and Practice, 1998.
27. Guerra, Valentina., Wan, Chaoying., McNally, Tonny., "Nucleation of the β -polymorph in Composites of Poly(propylene) and Graphene Nanoplatelets", Journal of Composite Science, 3 (2), 38, 2019.

28. Motsa, Machawe Mxolisi., Msagati, Titus Alfred Makudali., Thwala, Justice M., Mamba, Bhekie Briliance., "Polypropylene-Zeolit Polymer Composites for Water Purification: Synthesis, Characterisation and Application", Balaban Desalination Publications, 2013.
29. Jung, Melissa R., Horden, F. David., Orski, Sara V., C, Viviana Rodriguez., Beers, Kathryn N., Balazas, George H., Jones, T. Todd., Work, Thierry M., Brignace, Kayla C., Royer, Sarah-Jeanne., Hyrench, K. David., Jesen, Brenda A., Lynch, Jennifer M., " Validation of ATR FT-IR to identify polymers of plastic marine debris, including those ingested by marine organisms", Elsevier, Marine Pollution Bulletin, 2018.
30. Pelawi, Askalani Iqbal, "Pengaruh Suhu Tekanan dan Komposisi Maleat Anhidrida terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Limbah Styrofoam Terisi Serat Kayu", Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, 2018.
31. Wypch, George, "Handbook of Fillers Fourth Edition", New York: ChemTech Publishing, 2016.
32. Shokoohi, Shirin dan Arefazar, Ahmad, "Coupling Agents: Basic and Classification", University of Technology Tehran, Iran, 2012.
33. https://www.toray.co.id/products/carbon/car_0050.html,

LAMPIRAN A
ALAT PENELITIAN



Ayakan 170 mesh



Lembaran Teflon



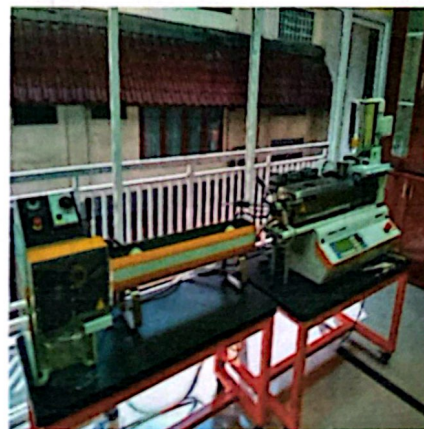
Neraca Analitik



Cetakan Lembaran Komposit



Oven



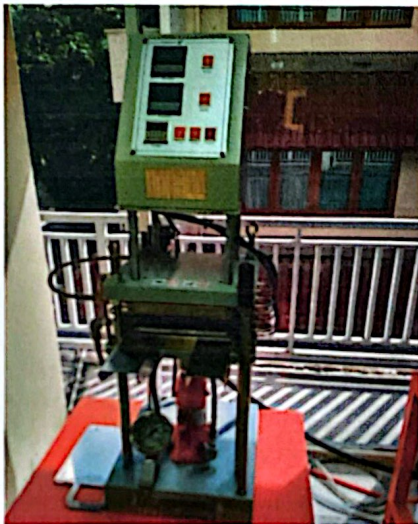
Compounder



Pisau Cetakan Spesimen



Pneumatic Specimen Punch



Manual Forming Machine



Universal Testing Machine

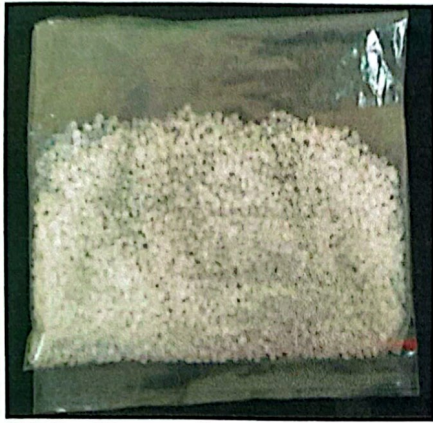


Differential Scanning Calorimetry



Spektroskopi FTIR

LAMPIRAN B
BAHAN PENELITIAN



*Pellet Homopolimer Polipropilena
injection grade MAS 5402*



Zeolit Alam Lampung

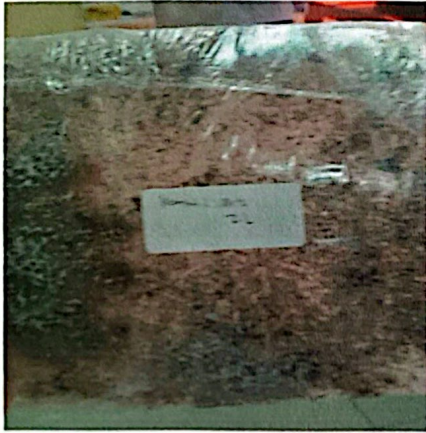


Maleic Anhydride Polypropylene



Irganox 1010

LAMPIRAN C
LEMBARAN KOMPOSIT POLIPROPILENA/ZEOLIT ALAM
LAMPUNG



Lembaran Komposit
Polipropilena/Zeolit Alam Lampung
dengan Persentase Massa Zeolit
Alam Lampung 10% dan MAPP
20%; Temperatur *Manual Forming*
***Machine* 185°C**



Lembaran Komposit
Polipropilena/Zeolit Alam Lampung
dengan Persentase Massa Zeolit
Alam Lampung 10% dan MAPP
30%; Temperatur *Manual Forming*
***Machine* 185°C**



Lembaran Komposit
Polipropilena/Zeolit Alam Lampung
dengan Persentase Massa Zeolit
Alam Lampung 10% dan MAPP
20%; Temperatur *Manual Forming*
***Machine* 190°C**



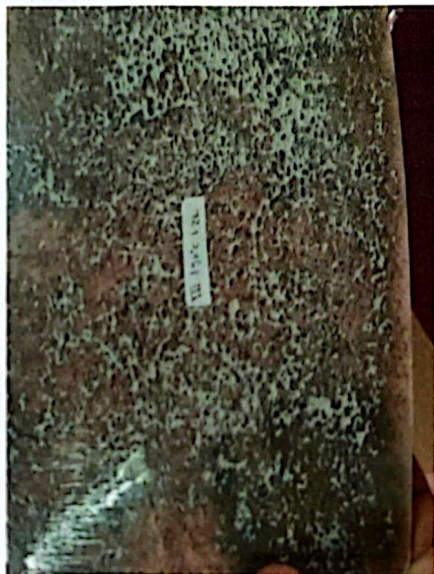
Lembaran Komposit
Polipropilena/Zeolit Alam Lampung
dengan Persentase Massa Zeolit
Alam Lampung 10% dan MAPP
30%; Temperatur *Manual Forming*
***Machine* 190°C**



Lembaran Komposit
Polipropilena/Zeolit Alam Lampung
dengan Persentase Massa Zeolit
Alam Lampung 20% dan MAPP
20%; Temperatur *Manual Forming*
Machine 185°C



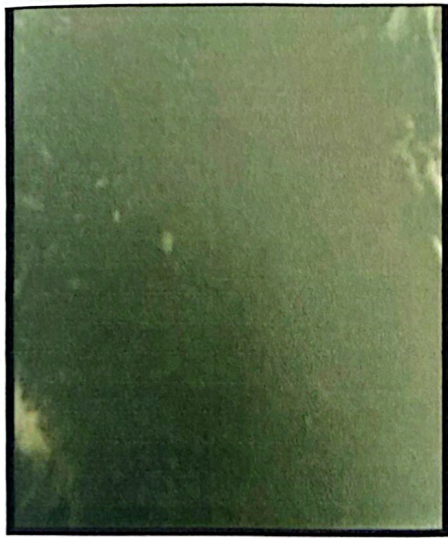
Lembaran Komposit
Polipropilena/Zeolit Alam Lampung
dengan Persentase Massa Zeolit
Alam Lampung 20% dan MAPP
30%; Temperatur *Manual Forming*
Machine 185°C



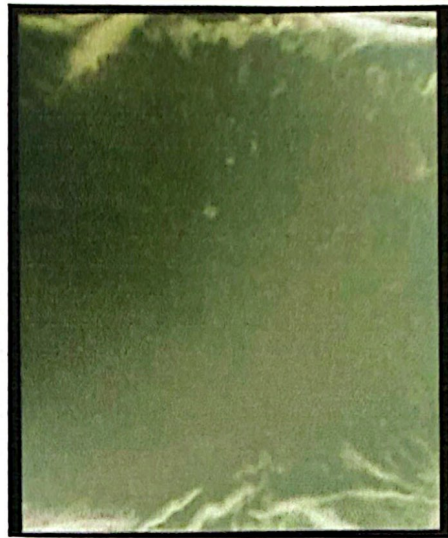
Lembaran Komposit
Polipropilena/Zeolit Alam Lampung
dengan Persentase Massa Zeolit
Alam Lampung 20% dan MAPP
20%; Temperatur *Manual Forming*
Machine 190°C



Lembaran Komposit
Polipropilena/Zeolit Alam Lampung
dengan Persentase Massa Zeolit
Alam Lampung 20% dan MAPP
30%; Temperatur *Manual Forming*
Machine 190°C



Lembaran Polipropilena dengan
Temperatur *Manual Forming*
Machine 185°C



Lembaran Polipropilena dengan
Temperatur *Manual Forming*
Machine 190°C

LAMPIRAN D
SPESIMEN KOMPOSIT POLIPROPILENA/ZEOLIT ALAM
LAMPUNG



Spesimen Komposit
Polipropilena/Zeolit Alam Lampung
dengan Persentase Massa Zeolit
Alam Lampung 10% dan MAPP
20%; Temperatur *Manual Forming*
Machine 185°C



Spesimen Komposit
Polipropilena/Zeolit Alam Lampung
dengan Persentase Massa Zeolit
Alam Lampung 10% dan MAPP
30%; Temperatur *Manual Forming*
Machine 185°C



Spesimen Komposit
Polipropilena/Zeolit Alam Lampung
dengan Persentase Massa Zeolit
Alam Lampung 10% dan MAPP
20%; Temperatur *Manual Forming*
Machine 190°C



Spesimen Komposit
Polipropilena/Zeolit Alam Lampung
dengan Persentase Massa Zeolit
Alam Lampung 10% dan MAPP
30%; Temperatur *Manual Forming*
Machine 190°C



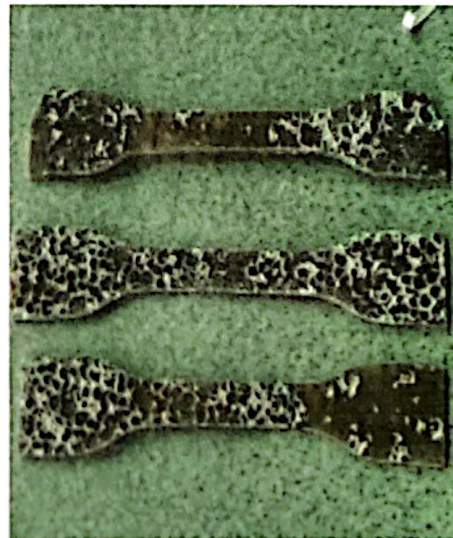
Spesimen Komposit
Polipropilena/Zeolit Alam Lampung
dengan Persentase Massa Zeolit
Alam Lampung 20% dan MAPP
20%; Temperatur *Manual Forming*
Machine 185°C



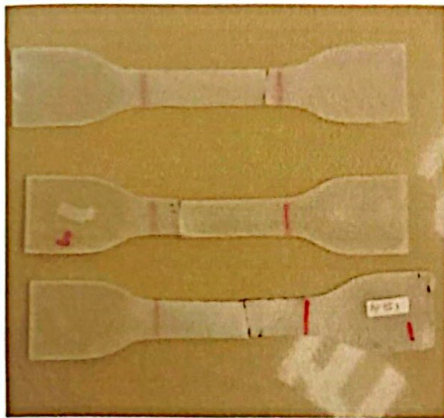
Spesimen Komposit
Polipropilena/Zeolit Alam Lampung
dengan Persentase Massa Zeolit
Alam Lampung 20% dan MAPP
30%; Temperatur *Manual Forming*
Machine 185°C



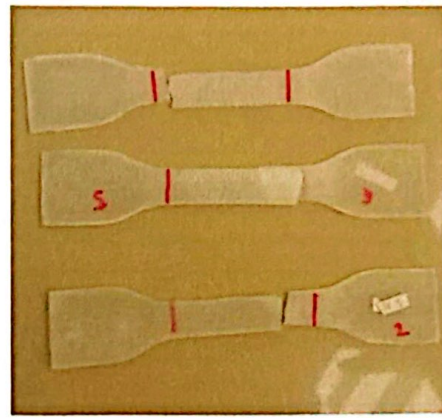
Spesimen Komposit
Polipropilena/Zeolit Alam Lampung
dengan Persentase Massa Zeolit
Alam Lampung 20% dan MAPP
20%; Temperatur *Manual Forming*
Machine 190°C



Spesimen Komposit
Polipropilena/Zeolit Alam Lampung
dengan Persentase Massa Zeolit
Alam Lampung 20% dan MAPP
30%; Temperatur *Manual Forming*
Machine 190°C



Spesimen Polipropilena dengan
Temperatur *Manual Forming*
Machine 185°C



Spesimen Polipropilena dengan
Temperatur *Manual Forming*
Machine 190°C

LAMPIRAN E PERHITUNGAN

1. Perhitungan fraksi massa zeolit alam Lampung

a. Untuk 10 % zeolit alam Lampung

$$W_f = \frac{\text{massa 10\% zeolit dalam campuran total}}{\text{massa campuran total}} = \frac{7,5 \text{ gram}}{75 \text{ gram}} = 0,1$$

b. Untuk 20% zeolit alam Lampung

$$W_f = \frac{\text{massa 20\% zeolit dalam campuran total}}{\text{massa campuran total}} = \frac{15 \text{ gram}}{75 \text{ gram}} = 0,2$$

Keterangan:

Campuran total sebanyak 75 gram

2. Perhitungan derajat kristalinitas (X_c)

$$\%X_c = \frac{\Delta H_m}{\Delta H_f(1-W_f)} \times 100$$

Keterangan:

ΔH_m = Entalpi leleh

ΔH_f = Entalpi leleh untuk 100% kristalisasi polipropilena secara teoritis (207 J/g).

W_f = Fraksi massa dari *filler* zeolit alam Lampung

a. Polipropilena murni

$$= \frac{100,1}{207 \text{ J/g}(1-0,0)} \times 100 = 48,36\%$$

b. Komposit dengan 10% zeolit dan 20% MAPP pada temperatur *Manual Forming Machine* 185°C

$$= \frac{78,26}{207 \text{ J/g}(1-0,1)} \times 100 = 42,01\%$$

c. Komposit dengan 10% zeolit dan 30% MAPP pada temperatur *Manual Forming Machine* 185°C

$$= \frac{92,25}{207 \text{ J/g}(1-0,1)} \times 100 = 49,52\%$$

- d. Komposit dengan 20% zeolit dan 20% MAPP pada temperatur *Manual Forming Machine* 185°C

$$= \frac{85,69}{207 \text{ J/g}(1-0,2)} \times 100 = 45,97\%$$

- e. Komposit dengan 20% zeolit dan 30% MAPP pada temperatur *Manual Forming Machine* 185°C

$$= \frac{85,00}{207 \text{ J/g}(1-0,2)} \times 100 = 45,63\%$$

- f. Komposit dengan 10% zeolit dan 20% MAPP pada temperatur *Manual Forming Machine* 190°C

$$= \frac{95,77}{207 \text{ J/g}(1-0,1)} \times 100 = 51,40\%$$

- g. Komposit dengan 10% zeolit dan 30% MAPP pada temperatur *Manual Forming Machine* 190°C

$$= \frac{78,26}{207 \text{ J/g}(1-0,1)} \times 100 = 50,83\%$$

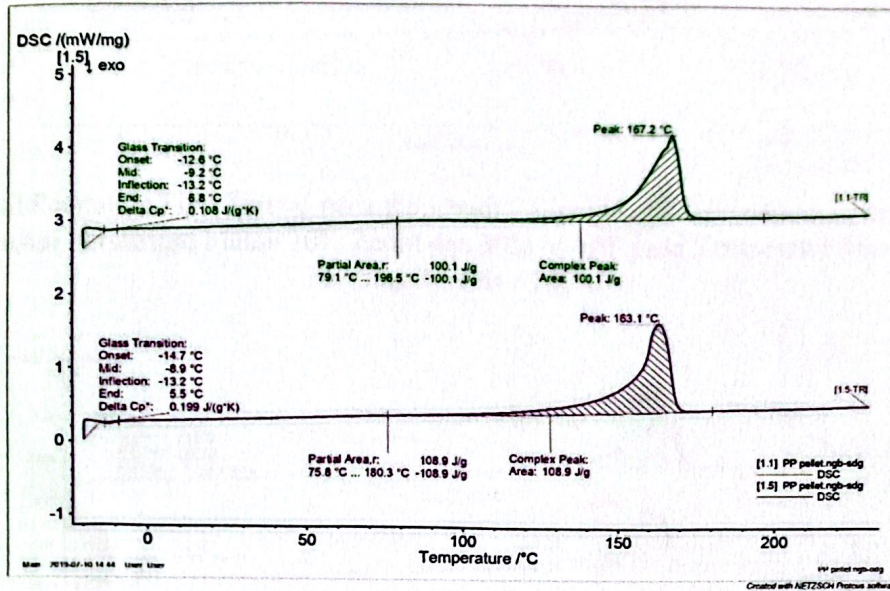
- h. Komposit dengan 20% zeolit dan 20% MAPP pada temperatur *Manual Forming Machine* 190°C

$$= \frac{90,62}{207 \text{ J/g}(1-0,2)} \times 100 = 48,64\%$$

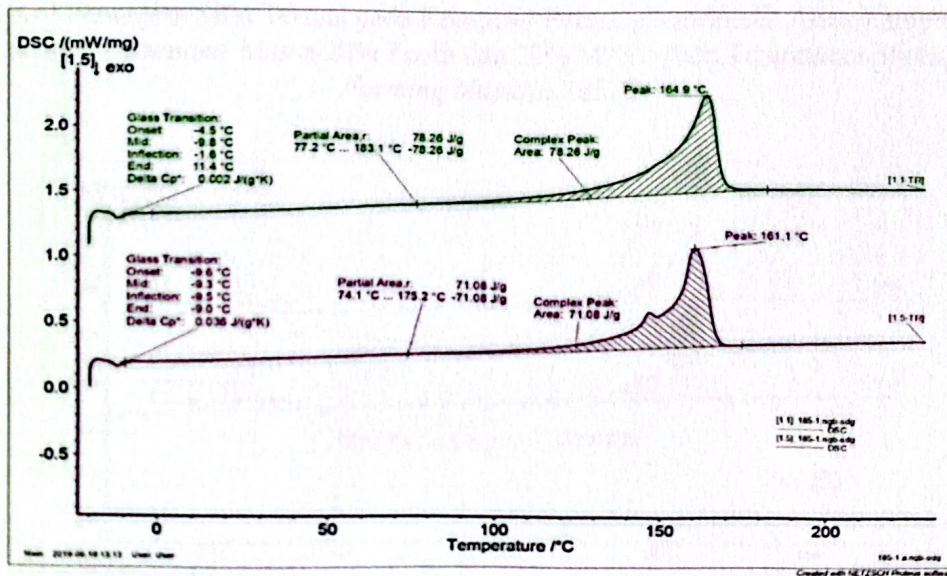
- i. Komposit dengan 20% zeolit dan 30% MAPP pada temperatur *Manual Forming Machine* 190°C

$$= \frac{79,98}{207 \text{ J/g}(1-0,2)} \times 100 = 42,93\%$$

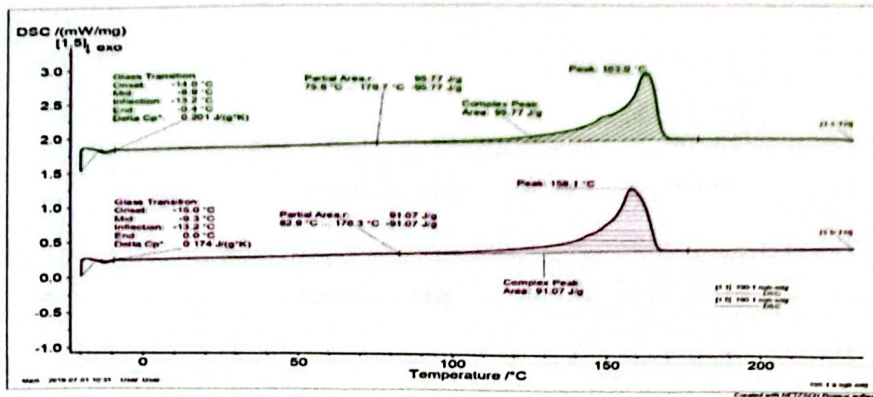
LAMPIRAN F GRAFIK DSC



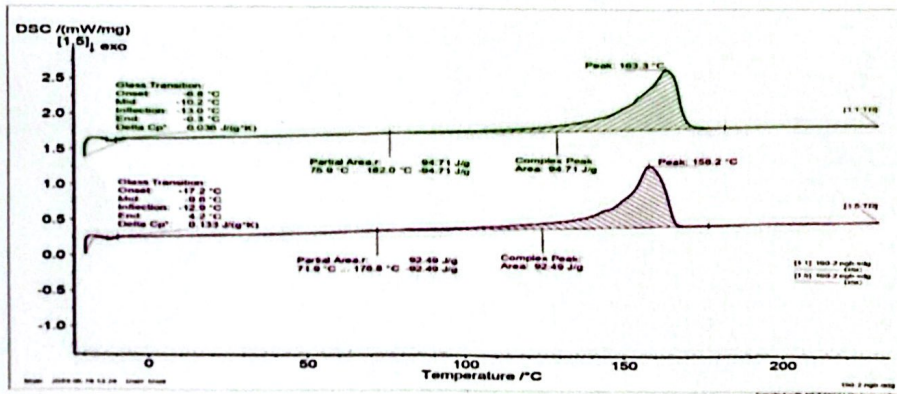
Hasil Pengujian Sifat Termal Polipropilena Murni



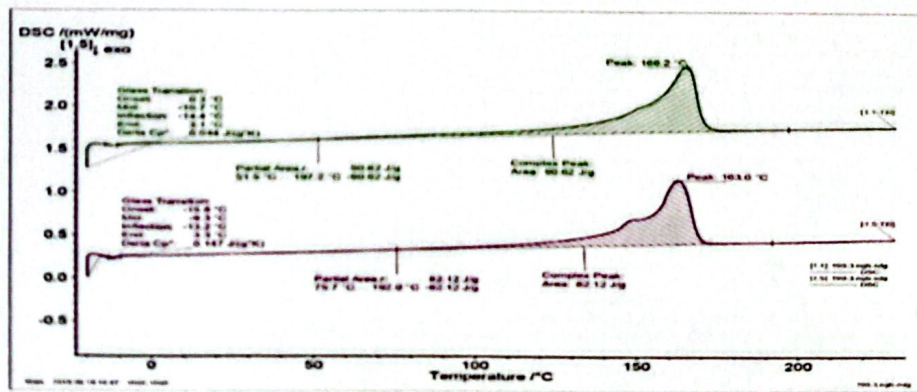
Hasil Pengujian Sifat Termal pada Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung dengan Persentase Massa 10% Zeolit dan 30% MAPP pada Temperatur *Manual Forming Machine* 185°C



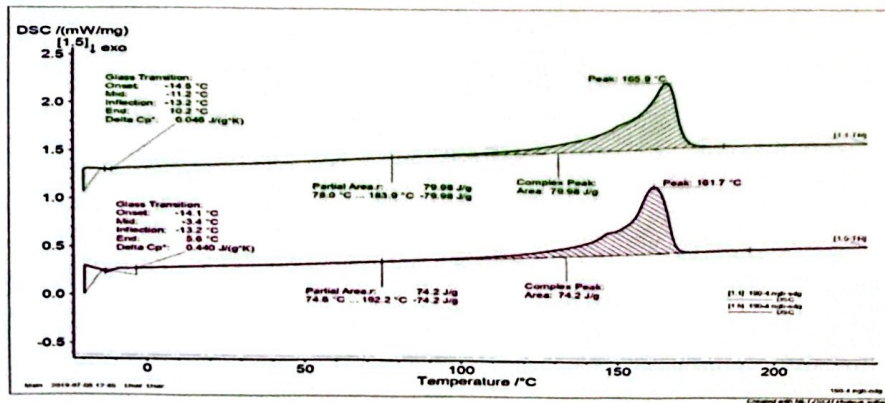
Hasil Pengujian Sifat Termal pada Komposit Polipropilena/Zelolit Alam Lampung dengan Fraksi Massa 10% Zeolit dan 30% MAPP pada Temperatur *Manual Forming Machine* 190°C



Hasil Pengujian Sifat Termal pada Komposit Polipropilena/Zelolit Alam Lampung dengan Fraksi Massa 10% Zeolit dan 30% MAPP pada Temperatur *Manual Forming Machine* 190°C



Hasil Pengujian Sifat Termal pada Komposit Polipropilena/Zelolit Alam Lampung dengan Persentase Massa 20% Zeolit dan 20% MAPP pada Temperatur *Manual Forming Machine* 190°C



Hasil Pengujian Sifat Termal pada Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Lampung dengan Persentase Massa 20% Zeolit dan 30% MAPP pada Temperatur *Manual Forming Machine* 190°C