

NO. DOK. 1963

Copy : 1

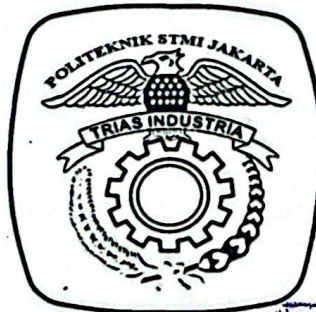
D.

549.685 982 7-

SYU-

U

LAPORAN TUGAS AKHIR
UJI SIFAT MEKANIK, SIFAT KIMIA DAN SIFAT TERMAL
PADA KOMPOSIT POLIPROPILENA/ZEOLIT ALAM
TASIKMALAYA
DI POLITEKNIK STMI JAKARTA
(September 2018 - Juli 2019)



DATA BUKU PERPUSTAKAAN	
Tgl. Pinjam	3/10/2021
No. Inventaris Buku	03/TKP/SB/21

OLEH
SYAMRIZAL (1515022)

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

LAPORAN TUGAS AKHIR
UJI SIFAT MEKANIK, SIFAT KIMIA DAN SIFAT TERMAL
PADA KOMPOSIT POLIPROPILENA/ZEOLIT ALAM
TASIKMALAYA
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
SYAMRIZAL (1515022)

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

2019

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR

**UJI SIFAT MEKANIK, SIFAT KIMIA DAN SIFAT TERMAL PADA
KOMPOSIT POLIPROPILENA/ZEOLIT ALAM TASIKMALAYA**


DISUSUN OLEH :
NAMA : SYAMRIZAL
NIM : 1515022
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

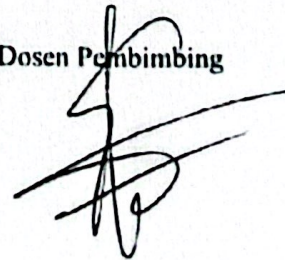
Menyetujui

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA.
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



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



Nomor : 036 /BPSDMI/STMI/V/2019
Lampiran : 1 (satu)
Perihal : Penugasan Proses
Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2018/2019

Jakarta, 06 Mei 2019

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

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/SJ-IND 7.2/KEP/01 /2019 tanggal 02 Januari 2019 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2018/2019, maka dengan ini kami mengharap bantuan Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Syam Rizal
No. Induk : 1515022

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

• Uji Sifat Mekanik, Sifat Kimia dan Sifat Termal Pada Komposit Polipropilena - Zeolit Alam Tasikmalaya. •

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

Direktur,

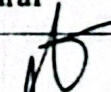


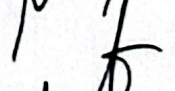

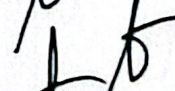
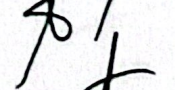
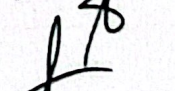
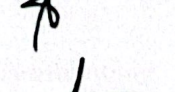

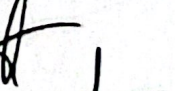

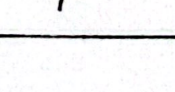
Dr. Mostofa, ST, MT
NIP : 19700924 200312 1 001









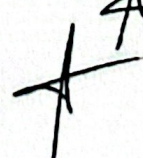
Tembusan:

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

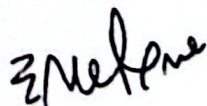
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Syamrizal
NIM : 1515022
Judul : UJI SIFAT MEKANIK, SIFAT KIMIA DAN SIFAT
TERMAL PADA KOMPOSIT POLIPROPILENA/
ZEOLIT ALAM TASIKMALAYA
Pembimbing : Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
30/8/18	I	Diskusi topik penelitian	
31/8/18	II	Diskusi penentuan jurnal sesuai topik penelitian	
5/9/18	II	Presentasi jurnal	
3/10/18	II	Diskusi persiapan bahan	
18/10/18	III	Diskusi langkah-langkah Penelitian	
1/11/18	Judul	Penentuan judul penelitian	
12/11/18	III	Diskusi penentuan tempat preparasi zedie	
23/1/19	III	Diskusi persiapan alat	
6/2/19	III	Diskusi matriks penelitian	
11/2/19	III	Pelaporan hasil compounding dengan compomider	
23/02/19	III	Pelaporan hasil penceralan lembaran komposit dengan AFM	
24/04/19	III	Diskusi mengenai tempat penceralan spesimen	
2/5/19	III	Diskusi mengenai tempat pengujian kuat tarik	

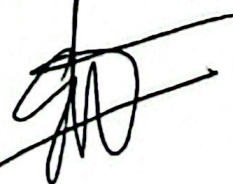
Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
12/6/2019	IV	Pelaporan hasil uji tarik	
13/6/2019	IV	Pelaporan hasil FTIR	
14/6/2019	IV	Pelaporan hasil DSC	
2/7/2019	I	Perbaikan format dan deduksi pendahuluan	
8/7/2019	II	Perbaikan format dan deduksi tinjauan pustaka	
15/7/2019	III	Perbaikan format dan deduksi Metode penelitian	
19/7/2019	IV	Perbaikan format dan deduksi hasil dan pembahasan	
25/7/2019	I-IV	Perbaikan abstrak dan penulisan	
29/7/2019	-	Persentase ppt	

Mengetahui
Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmarharso, MBA.
NIP. 195405231980031004

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 : Syamrizal
NIM : 151501
Proram Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang saya buat dengan judul Uji Sifat Mekanik, Sifat Kimia, dan Sifat Termal pada Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Tasikmalaya :

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

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



Syamrizal

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

**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS
AKHIR**

JUDUL TUGAS AKHIR:

UJI SIFAT MEKANIK, SIFAT KIMIA DAN SIFAT TERMAL PADA
KOMPOSIT POLIPROPILENA/ZEOLIT ALAM TASIKMALAYA

DISUSUN OLEH :
NAMA : SYAMRIZAL
NIM : 1515022
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia
Polimer di Politeknik STMI Jakarta pada hari Kamis, 4 September 2019.

Jakarta, September 2019

Ketua Tim Penguji



Fitria Ika Arvanti, S.T., M.Eng
NIP. 19850511201422001

Penguji II



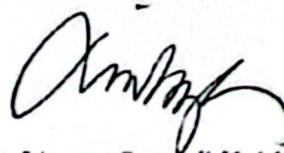
Ir. Roosmariharso, MBA
NIDK. 8873590019

Penguji I



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

Penguji III



Dr. Ir. Lintong Sopandi H, M. Che
NIP. 195803221986031002

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala karunia, hidayah dan ridho-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "SIFAT MEKANIK, SIFAT KIMIA DAN SIFAT TERMAL pada Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Tasikmalaya".

Penulisan laporan Tugas Akhir ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan di Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta. Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penyusunan laporan ini, diantaranya kepada:

1. Bapak Dr. Mustofa, S.T, M.T, selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta
2. Bapak Ir. Roosmariharso, MBA, 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 yang selalu memberikan bimbingan, masukan dan waktunya untuk membimbing saya
5. Bapak Syaiful Ahsan, S.T., M.T., selaku Kepala Laboratorium Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta yang telah mengizinkan saya melaksanakan preparasi dan uji laboratorium.
6. Bapak Dahrul Hidayah, A.Md., Bapak Samsudin, S.T., dan Ibu Ida Nur Apriani, S.ST., M.Si. selaku Operator Laboratorium yang telah membantu memudahkan saya saat melaksanakan preparasi dan uji laboratorium
7. Ayah dan Ibu serta keluarga yang telah memberikan dukungan baik materi dan moral.
8. Teman-teman yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
9. Semua pihak yang telah memberi dukungan dan bantuan dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini terdapat adanya kekurangan serta kekeliruan di dalam laporan ini. Sehingga penulis akan sangat terbuka

terhadap saran dan kritik yang bersifat membangun dari berbagai pihak. Akhir kata, semoga Allah Subhanahu wa Ta'ala membalas semua kebaikan pihak yang telah membantu penulis dan berharap agar laporan Tugas Akhir ini bermanfaat untuk memberikan informasi mengenai komposit polimer berpenguat filler zeolit.

Jakarta, Juli 2019

Penulis

ABSTRAK

Penggunaan komposit berpenguat *filler* masih terus dikembangkan seperti zeolit alam, CaCO_3 dan cangkang kerang laut. Zeolit alam Tasikmalaya memiliki stabilitas termal yang baik dan berpotensi digunakan sebagai penguat *filler* dalam komposit polimer. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh persentase berat zeolit alam Tasikmalaya pada komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya pada temperatur pencetakan 185°C dan 190°C terhadap kuat tarik, kristalinitas, temperatur leleh dan temperatur transisi kaca, dan gugus fungsi. Hasil penelitian menunjukkan sifat mekanik dan sifat termal komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya masih berada di bawah sifat mekanik dan sifat termal polipropilena. Kuat tarik menurun seiring dengan meningkatnya persentase zeolit alam dan meningkat seiring meningkatnya persentase *Maleic Anhydride grafted Polypropylene* (MAPP) dan temperatur pencetakan. Kuat tarik komposit tertinggi diperoleh pada komposit dengan persentase berat 10%wt zeolit dan 30%wt MAPP pada temperatur pencetakan 190°C yaitu sebesar 20,50 MPa. Pertambahan zeolit dalam komposit menunjukkan penurunan kristalinitas, temperatur leleh dan temperatur transisi kaca dan ditemukan gugus -CH-, C=C, -CH₃, Si-O-C dan Si-H.

Kata kunci: komposit polipropilena/zeolit alam, kuat tarik, gugus fungsi kristalinitas dan temperatur leleh

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR.....	v
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xviii
DAFTAR SIMBOL	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSAKA	5
2.1 Komposit.....	5
2.2 Polimer	7
2.2.1 Perilaku Kristalinitas dan Pelelehan (T_m).....	9
2.2.2 Temperatur Transisi Kaca (T_g).....	9
2.3 Polipropilena	9
2.4 <i>Filler</i>	11
2.5 Zeolit	11
2.6 <i>Coupling agent</i>	14
2.7 Antioksidan	15
2.8 Pengujian Komposit	15

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II.1 Komposit Partikel.....	6
Gambar II.2 Jenis-Jenis Mikrostruktur Polimer.....	8
Gambar II.3 Spesimen Uji Kuat Tarik Tipe III.....	16
Gambar II.4 Komponen Dasar Spektrometer FTIR.....	18
Gambar III.1 Skema Penelitian	21
Gambar IV.1 Pengaruh Persentase Zeolit Alam terhadap Kuat Tarik dalam Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Tasikmalaya pada Temperatur Pencetakan (a) 185°C dan (b) 190°C.....	25
Gambar IV.3 Zeolit Alam Tasikmalaya	27
Gambar IV.4 Polipropilena dan Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Tasikmalaya pada Temperatur Pencetakan 185°C.....	28
Gambar IV.5 Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Tasikmalaya pada Temperatur Pencetakan 190°C.....	31
Gambar IV.6 Kurva Termogram Polipropilena.....	34
Gambar IV.7 Kurva Termogram Komposit 10%wt Zeolit Alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP pada Temperatur 185°C.....	35
Gambar IV.8 Kurva Termogram Komposit 10%wt Zeolit Alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP pada Temperatur 190°C.....	36
Gambar IV.9 Kurva Termogram Komposit 10%wt Zeolit Alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP pada Temperatur 185°C.....	37
Gambar IV.10 Kurva Termogram Komposit 10%wt Zeolit Alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP pada Temperatur 190°C.....	38
Gambar IV.11 Kurva Termogram Komposit 20%wt Zeolit Alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP pada Temperatur 185°C.....	39
Gambar IV.12 Kurva Termogram Komposit 20%wt Zeolit Alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP pada Temperatur 190°C.....	40
Gambar IV.13 Kurva Termogram Komposit 20%wt Zeolit Alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP pada Temperatur 185°C.....	41

Gambar IV.13 Kurva Termogram Komposit 20%wt Zeolit Alam Tasikmalaya
dan 30%wt MAPP pada Temperatur 190°C 42

DAFTAR SINGKATAN

MAPP	= <i>Maleic Anhydride grafted Polypropylene</i>
FTIR	= <i>Fourier-Transform Infrared</i>
DSC	= <i>Differential Scanning Calorimetry</i>
UTM	= <i>Universal Testing Machine</i>
MMC	= <i>Metal Matrix Composites</i>
PMC	= <i>Polymer Matrix Composites</i>
CMC	= <i>Ceramic Matrix Composites</i>
HPP	= <i>Homo Polipropilena</i>
RCP	= <i>Random Copolymer</i>
ICP	= <i>Impact Copolymer</i>
ASTM	= <i>American Standard Testing and Material</i>
ZT	= <i>Zeolit Alam Tasikmalaya</i>

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel II.1 Jenis Mineral Zeolit Alam dan Rumus Kimia.....	13
Tabel II.2 Tingkatan Zeolit	14
Tabel II.3 Tipe Getaran dan Bilangan Gelombang pada Senyawa Alifatik.....	18
Tabel III.1 Matriks Penelitian	20
Tabel III.2 Kondisi Operasi <i>Manual Forming Machine</i>	23
Tabel IV.1 Polipropilena pada Temperatur Pencetakan 185°C.....	30
Tabel IV.2 Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Tasikmalaya pada Temperatur Pencetakan 185°C	30
Tabel IV.3 Polipropilena pada Temperatur Pencetakan 190°C.....	33
Tabel IV.4 Bilang Gelombang Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Tasikmalaya pada Temperatur Pencetakan 190°C.....	33
Tabel IV.5 Rangkuman Kurva Termogram Polipropilena dan Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Tasikmalaya	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan polipropilena dalam industri sangatlah diminati hal ini karena polimer tersebut memiliki performa yang baik, mudah diproses dan murah. Polimer ini digunakan secara luas dalam industri otomotif, tekstil, peralatan laboratorium dan lain-lain. Tetapi polimer ini memiliki mempunyai laju penyusutan yang tinggi serta rendahnya ketahanan impak. Secara umum sifat fisis dan sifat mekanik dari polipropilena dapat ditingkatkan dengan menambahkan *filler* anorganik seperti zeolit, CaCO_3 , talk, dan mika. Namun penambahan *filler* lebih lanjut dapat menurunkan sifat mekanik komposit seperti perpanjangan putus dan kuat tarik. Dalam beberapa tahun terakhir, penggunaan serat alam dan nanopartikel pada komposit polipropilena telah diteliti namun proses persiapan dari kedua penguat tersebut sangatlah rumit dan memakan biaya yang lebih tinggi (Yao dkk, 2014)

Pertambahan zeolit alam ke dalam komposit polipropilena dapat menurunkan sifat mekanik komposit namun dapat meningkatkan kristalinitas komposit. Penurunan kuat tarik komposit terjadi pada komposit dengan penambahan berat 5-30%wt zeolit alam tanpa perlakuan ke dalam komposit. Penurunan kuat tarik ini terjadi akibat buruknya interaksi antarmuka antara matriks. Namun peningkatan terjadi pada penambahan berat 10 % zeolit alam dengan penambahan *vinyl silane* sebagai *coupling agent* dengan nilai kuat tarik sebesar 33,1 MPa. Hal ini menunjukkan *coupling agent* dapat membantu mengatasi interaksi antarmuka antara matriks dan penguat (Zaharri & Othman, 2010).

Perbedaan polaritas antara polipropilena dan zeolit menyebabkan kedua material itu tidak saling berikatan namun dengan penambahan *Maleic Anhydride grafted Polypropylene* (MAPP) sebagai *coupling agent* menunjukkan peningkatan interaksi antara polipropilena dan zeolit. Penggunaan MAPP dalam memodifikasi permukaan zeolit terbukti dapat memperkuat kuat tarik hingga 28% dibandingkan dengan komposit polipropilena/zeolit tanpa modifikasi. Namun hal ini baru diuji

3. sifat mekanik yang diuji adalah kuat tarik, sifat kimia yang diuji adalah kandungan gugus fungsi dan sifat termal yang diuji adalah temperatur transisi kaca (T_g), temperatur leleh (T_m) dan kristalinitas (X_c).

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. mengetahui pengaruh persentase berat zeolit alam Tasikmalaya/MAPP pada temperatur pencetakan 185°C dan 190°C di *Manual Forming* terhadap sifat mekanik komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya
2. mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya
3. mengetahui pengaruh persentase berat zeolit terhadap sifat termal pada komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dalam penelitian ini adalah dapat memberikan informasi baru mengenai pengaruh persentase berat zeolit alam Tasikmalaya/MAPP pada temperatur 185°C dan 190°C di mesin *manual forming* terhadap kuat tarik, kandungan gugus fungsi, temperatur transisi kaca, temperatur leleh, dan kristalinitas komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya.

1.6 Sistematika Penelitian

BAB I: PENDAHULUAN

Pembahasan ini terdiri dari latar belakang dilakukannya penelitian, perumusan masalah dan batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan, tujuan dan manfaat penelitian dari penelitian ini.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Pembahasan ini terdiri dari tinjauan umum mengenai komposit, klasifikasi komposit, komposit polimer, polipropilena, zeolit, proses manufaktur komposit, kuat tarik komposit polimer, analisis gugus fungsi dan analisis sifat termal.

BAB III: METODE PENELITIAN

Pembahasan ini terdiri dari waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan saat penelitian, variasi penelitian serta prosedur pada saat penelitian dilakukan.

BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pembahasan ini terdiri dari hasil pengujian dan analisis pembahasan hasil yang diperoleh dari hasil penelitian serta pembahasan dari hasil penelitian.

BAB V: PENUTUP

Pembahasan ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil yang telah didapatkan pada bab sebelumnya.

DAFTAR SIMBOL

ΔH_m = Entalpi leleh (J/g)

ΔH^*_m = Entalpi leleh untuk 100% Kristalisasi polipropilena (209 J/g)

X_C = Derajat kristalisasi (%)

T_g = Temperatur transisi kaca ($^{\circ}\text{C}$)

T_m = Temperatur leleh ($^{\circ}\text{C}$)

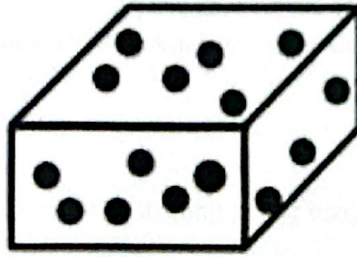
BAB II

TINJAUAN PUSAKA

2.1 Komposit

Komposit adalah kombinasi dari dua jenis material atau lebih yang berbeda baik secara komposisi dan tidak saling melarutkan satu sama lain untuk mendapatkan sifat-sifat unggul dari tiap komponen penyusunannya. Komposit secara umum dibagi menjadi tiga jenis yaitu komposit berpengisi serat, komposit berpengisi *filler* serta komposit berpengisi *discontinuous filler*. Menurut Ozmihci & Balkose (2001), kelebihan komposit polimer dibandingkan dengan polimer yaitu memiliki kekakuan, kekuatan, dan ketangguhan yang lebih tinggi dibandingkan polimer lain, meningkatkan redaman mekanik, mengurangi permeabilitas gas dan cairan, dapat memodifikasi sifat elektrik, memiliki potensi produksi secara terus-menerus, peralatan yang murah dan dapat mengurangi biaya produksi.

Menurut Altenbach (2004), jenis-jenis material komposit berdasarkan penguatnya dibagi menjadi 3 yaitu komposit serat, komposit berlapis dan komposit partikel. Komposit serat merupakan komposit yang terdiri dari serat dan bahan dasar yang difabrikasi, misalnya serat dan resin sebagai perekat. Komposit berlapis (*laminated composite*) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik khusus seperti *polywood* dan *laminated glass* yang sering digunakan sebagai bahan bangunan. Komposit partikel (*particulate composite*) merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriks. Komposit yang terdiri dari partikel dan matriks seperti butiran (batu dan pasir). Partikel seharusnya berukuran kecil dan terdistribusi merata agar dapat menghasilkan kekuatan lebih seragam. Penyebaran partikel dalam matriks dalam dilihat pada Gambar II.1.



Gambar II.1 Komposit Partikel

Sumber : Altenbach, H, 2004

Komposit partikel adalah komposit berpenguat partikel yang terdispersi dalam matriks dan tidak menumbulkan aglomerat dalam komposit. Partikel ini umumnya berbentuk butiran, pipih, batang atau tidak berbentuk. Partikel yang umumnya digunakan adalah oksida, nitrida, borida dan karbida. Partikel ini berfungsi sebagai penahan deformasi plastik dan mentransmisi tegangan namun nilai tidak sekuat pada komposit berpenguat serat. Penggunaan partikel penguat (*filler*) lebih digunakan untuk meningkatkan sifat matriks seperti konduktivitas termal dan listrik, perilaku komposit pada temperatur tinggi, ketahanan gesek, meningkatkan kekerasan dan mengurangi koefisien muai panjang pada komposit (Klarova, 2015).

Komposit tersusun atas fase dominan yaitu matriks dan fase penguat yaitu *reinforced*. Matriks dalam komposit dibedakan menjadi tiga kategori berdasarkan jenis matriks yang dipakai (Klarova, 2015), yaitu *Metal Matrix Composites* (MMC), *Polymer Matrix Composites* (PMC) dan *Ceramic Matrix Composites* (CMC).

PMC adalah komposit yang menggunakan polimer sebagai matriks dan ditambahkan sedikit penguat seperti serat atau *filler*. Penggunaan PMC memiliki kelebihan seperti murah, dapat berasal dari alam dan memiliki densitas yang rendah pada produk akhir.

Resin adalah istilah umum dari polimer atau campuran polimer dengan bahan aditif atau bahan kimia reaktif lainnya. Komposisi kimia dalam resin serta sifat mekanik dari resin secara fundamental mempengaruhi proses, fabrikasi dan sifat akhir pada komposit. Variasi komposisi dalam komposit, keadaan fisik komposit dan keberadaan pengotor atau kontaminan akan sangat mempengaruhi penanganan dan proses pembuatan komposit, sifat lamina dan ketahanan komposit dalam jangka

panjang. Hal tersebut akan menjadi pertimbangan pemilihan matriks resin dalam hal adesi komposit, ketersediaan resin, kandungan pengotor dan sifat-sifat mekanik dari resin itu tersendiri.

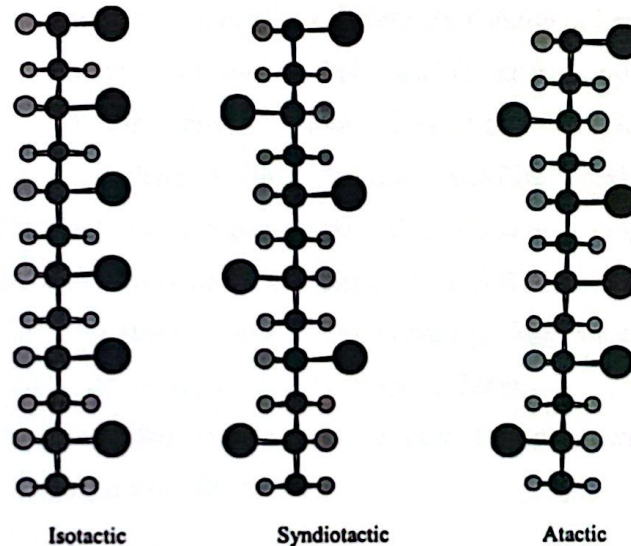
2.2 Polimer

Polimer adalah bahan komposit yang paling banyak digunakan. Polimer adalah bahan terdiri dari senyawa makromolekul yang dapat dibentuk dengan panas atau tekanan. Makromolekul dihasilkan dengan menggabungkan molekul sederhana, yang disebut monomer menjadi berbagai rantai linier atau siklik. Atom-atom dari unsur-unsur ini (Si, C) dapat dengan mudah digabungkan dalam rantai linier dan dengan jaringan atau struktur renggang dan menciptakan makromolekul (Klarova, 2015).

Karakteristik polimer ditentukan oleh jenis ikatan yang berlaku dalam struktur. Ikatan primer antara komponen menentukan ukuran molekul dan susunan struktur polimer dan ikatan sekunder dalam struktur yang menghubungkan atom-atom lain. Kedua jenis ikatan tersebut bersama-sama menentukan sifat kimia dan fisis polimer (Klarova, 2015).

Polimer dibedakan menjadi tiga berdasarkan jenis mikrostruktur ikatan polimernya yaitu isotaktik, sindiotaktik dan ataktik. Isotaktik adalah polimer yang memiliki mikro struktur dimana seluruh gugus berada di satu sisi. Sindiotaktik adalah polimer yang memiliki gugus yang berselang-seling. Serta ataktik adalah polimer yang memiliki letak gugus yang tidak beraturan. Perbedaan letak gugus dapat mempengaruhi sifat mekanik polimer karena polimer dengan gugus yang teratur seperti isotaktik dapat dirapatkan dengan mudah dan tidak menimbulkan ruang hampa dan mengakibatkan polimer isotaktik memiliki sifat mekanik yang lebih baik dari pada ataktik (Baker, 2004). Polimer seperti polipropilena dibedakan berdasarkan struktur dan monomer penyusun polimer (Ozmihci & Balkose, 2001). Berdasarkan strukturnya, Polipropilena dibagi menjadi tiga yaitu isotaktik polipropilena, sindiotaktik polipropilena dan ataktik polipropilena.

Representasi gugus metil pada rantai polipropilena dapat juga dilihat dari Gambar II.2. Letak gugus metil ditunjukkan pada lingkaran hitam terbesar dan gugus hidrogen ditunjukkan pada lingkaran abu-abu kecil yang terlihat digambar.



Gambar II.2 Jenis-Jenis Mikrostruktur Polimer
Sumber : (Baker, 2004)

Berdasarkan perilaku polimer terhadap temperatur tinggi polimer dibedakan menjadi tiga macam yaitu termoplastik dan *Thermosetting* (Klarova, 2015).

1. Termoplastik

Termoplastik adalah polimer yang paling umum digunakan pada matriks komposit. Polimer berbentuk rantai lurus dan panjang dan terikat oleh ikatan antar gaya antar molekul yang acak. Polimer tersusun atas monomer yang sangat banyak bahkan beberapa jenis memiliki rantai hingga jutaan. Ikatan Van der Waals yang lemah pada termoplastik membuat termoplastik mudah untuk pecah akibat gangguan termal. Oleh karena itu zat ini dapat melunak pada temperatur tinggi dan mengeras kembali jika didinginkan menjadi ke kondisi semula.

2. *Thermosetting*

Thermosetting adalah polimer yang memiliki ikatan silang (*crosslinking*) pada ikatan primer. Meski polimer ini lebih kokoh dari termoplastik namun zat ini rapuh pada temperatur dekomposisinya. Proses pembentukan ikatan silang pada polimer disebut sebagai *curing*. Zat ini tidak dapat didaur ulang (*irreversible*).

2.2.1 Perilaku Kristalinitas dan Pelelehan (T_m)

Dalam bentuk padat, polimer dapat menunjukkan morfologi yang berbeda, tergantung pada strukturnya rantai polimer serta kondisi pengolahan. Polimer mungkin memiliki struktur yang acak disebut amorf. Contoh polimer amorf adalah polistirena. Jika struktur *backbone* polimer adalah struktur yang teratur, dan polimer dapat dirapatkan dengan teratur maka disebut semikristalin seperti polietilena dan polipropilena. Polimer tersebut memiliki *backbone* yang akan menentukan apakah polimer mampu mengkristal. Struktur mikro ini dapat dikontrol oleh metode sintesis seperti polimerisasi dengan katalis Ziegler-Natta yang mampu mengendalikan struktur mikro untuk menghasilkan polimer stereoregular. Jenis-jenis struktur mikro itu dapat diperoleh untuk polimer vinil ditunjukkan pada Gambar II.2. Isotaktik dan sindiotaktik struktur mampu mengkristal karena *backbone* yang sangat teratur (Baker, 2004).

2.2.2 Temperatur Transisi Kaca (T_g)

Polimer tersedia dalam berbagai bentuk mulai dari plastik, karet maupun serat. Umumnya plastik dan karet berbeda pada letak T_g kedua material. T_g merupakan keadaan dimana polimer berubah dari keras layaknya kaca menjadi lunak seperti karet ataupun sebaliknya. Ketika suatu material berada di bawah T_g maka material akan seperti kaca yang memiliki kekakuan yang tinggi. Pada temperatur rendah polimer akan keras seperti kaca dan memiliki modulus yang tinggi (Baker, 2004).

2.3 Polipropilena

Polipropilena adalah polimer yang mudah didapat dan memiliki banyak sifat unggul seperti sifat mekanik yang baik, murah, dan mudah didaur ulang. Polipropilena adalah polimer dari monomer propilena dengan katalis Ziegler-Natta. Molekul yang menyusun fraksi *crystalline* dari polipropilena memiliki distribusi yang teratur dengan rantai utama dan molekul penyusun fraksi amorf memiliki distribusi yang acak secara makroskopik. Dengan katalis Ziegler-Natta rantai polimer akan mencari lebih teratur disebut stereoreguler (Ozmihci & Balkose, 2001).

Berdasarkan monomer penyusunnya (Kissel dkk. 1999), Polipropilena dibagi menjadi tiga yaitu Homo Polipropilena (HPP), *Random Copolymer* (RCP) dan *Impact Copolymer* (ICP).

1. Homo Polipropilena (HPP)

Homo polipropilena adalah material polipropilena yang paling banyak digunakan. Homo polipropilena dibuat dalam desain reaktor yang berbeda dan menggunakan katalis yang menghubungkan monomer bersamaan dengan cara *stereospesifik* dan menghasilkan rantai polimer yang dapat dikristalisasi. Kristalisasi HPP bergantung pada kondisi di mana massa polimer terikat transisi dari lelehan menjadi padatan lunak dan polipropilena mulai diregangkan pada proses fabrikasi selanjutnya seperti pada pembuatan serat.

HPP dibuat dengan menggunakan sistem dua fase karena terdapat daerah kristalin dan daerah nonkristalin. Daerah nonkristalin, atau amorf, terdiri polipropilena isotaktik dan polipropilena ataktik. Polipropilena isotaktik dalam daerah amorf dapat dikristalisasi, dan mengkristal perlahan hingga kebatas daerah. Kristalinisasi meningkat ketika pelet polipropilena dicetak menjadi barang cetak akan meningkat perlahan seiring waktu, seperti halnya kekakuan.

2. *Random Copolymer* (RCP)

RCP adalah reaksi polimerisasi propilena dengan sedikit etilena (biasanya 7% atau lebih rendah). Monomer etilena mengubah sifat rantai polimer secara signifikan dan menghasilkan produk yang memiliki ketahanan impak yang lebih baik, lebih transparan, mengurangi *haze*, penurunan titik leleh, atau meningkatkan fleksibilitas. Monomer etilena dalam rantai polipropilena membuat kecacatan pada rantai sehingga membuat proses kristalisasi rantai terhambat. Saat jumlah etilena meningkat, ketebalan *crystalline* secara bertahap menurun, dan ini membuat titik leleh menjadi lebih rendah.

3. *Impact Copolymer* (ICP)

Impact Copolymer adalah campuran HPP dan RCP, dengan campuran keseluruhan memiliki etilena sebesar 6 - 15 %wt. ICP yang dijual di pasar memiliki ketahanan impak yang ditingkatkan pada temperatur rendah, khususnya temperatur dingin.

2.4 Filler

Filler adalah bahan pengisi yang ditambahkan ke dalam matriks polimer untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan dari matriks serta dapat mengurangi biaya produksi. Penambahan *filler* juga dapat merubah sifat-sifat spesifik seperti ketangguhan, konduktivitas termal dan elektrik, viskositas dan kecerahan matriks polimer. Pemilihan *filler* mempengaruhi beberapa faktor seperti ukuran, bentuk, fase saat berada dalam polimer, proses manufaktur pembuatan komposit serta ikatan antara *filler* dan matriks secara alami. Faktor-faktor tersebut menyebabkan kemampuan *filler* dalam menyalurkan beban dari matriks ke *filler* pada produk akhir. Untuk itu biasanya dalam penggunaan *filler* dalam komposit sangat penting untuk meningkatkan interaksi antarmuka antara *filler* dan matriks. penelitian ini digunakan zeolit sebagai filler. Zeolit memiliki stabilitas termal yang baik dan masih belum digunakan secara maksimal untuk sektor domestik (Zaharri & Othman, 2010).

2.5 Zeolit

Zeolit merupakan mineral aluminosilikat tipe tektosilikat yaitu terdiri dari kerangka tiga dimensi yang saling berhubungan tetrahedra dan terdiri dari atom aluminium, silikon dan oksigen. Zeolit terbentuk dari struktur kristal yang tersusun dari $[AlO_4]^{-5}$ dan $[SiO_4]^{-4}$ yang terikat bersamaan sedemikian rupa sehingga keempat atom oksigen pada sudut-sudut setiap tetrahedron yang berdekatan satu sama lain. Jika setiap tetrahedra dalam kerangka mengandung silikon sebagai atom sentral, struktur keseluruhan menjadi netral secara elektrik (seperti Kuarsa, SiO_2). Dalam struktur zeolit, beberapa kation silikon empat tangan digantikan oleh aluminium tiga tangan, sehingga menyebabkan kekurangan muatan positif. Begitu muatan yang dikembangkan diimbangi oleh adanya pengisian tunggal dan/ atau dua kali lipat kation, seperti natrium (Na^+), kalium (K^+), kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}), dan membentuk ruang luas berbentuk cincin (Payra & Dutta, 2003).

Rumus umum zeolit adalah $M_{e/2n}O \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot yH_2O$, dimana, Me adalah atom alkali atau alkali tanah, n adalah muatan pada atom itu, x adalah jumlah Si tetrahedron bervariasi dari 2 hingga 10 dan y adalah jumlah air molekul bervariasi dari 2 hingga 7. Si dan Al tetrahedra secara gabungan membentuk kerangka

struktural dalam zeolit dengan atom Si dan Al sebagai pusat (Payra & Dutta, 2003). Selain memiliki ketahanan terhadap degradasi yang baik zeolit juga memiliki sifat-sifat, antara lain:

a. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan peristiwa terakumulasinya atom atau molekul suatu zat pada permukaan zat lain, karena ketidakseimbangan antara gaya kohesi partikel sefase dengan gaya adhesi partikel antar fase pada bidang batas suatu fase dengan fase lainnya.

b. Penukar Ion

Pemurnian air dengan zeolit sebagian besar menggunakan metode penukaran kation. Kation terlarut dalam air ditukar dengan kation pada sisi pertukaran kerangka zeolit. Zeolit alam umumnya bersifat selektif pada beberapa logam beracun yang sering terdapat pada perairan (misalnya Cu^{2+} , Ag^+ , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{3+} , Mo^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , dan Ni^{2+}) dan zeolit juga sangat selektif pada ion NH_4^+ . Ion-Ion tersebut dikeluarkan dari air dan digantikan dengan kation yang dapat diterima secara biologis seperti Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , atau H^+ yang berasal dari sisi pertukaran zeolit atau kandungan dari zeolit itu sendiri.

c. Katalis

Zeolit sebagai katalis hanya mempengaruhi laju reaksi tanpa mempengaruhi kesetimbangan reaksi karena mampu menaikkan perbedaan lintasan molekular dari reaksi. Katalis dengan pori-pori sangat kecil akan memuat molekul-molekul kecil tetapi mencegah molekul besar masuk. Selektivitas molekuler seperti ini terdapat dalam substansi zeolit alam (Moshoeshoe dkk, 2017).

Zeolit alam perlu diaktivasi untuk meningkatkan efisiensi dari zeolit alam. Zeolit diaktivasi dengan menghilangkan impuritis dalam rongga-rongga zeolit baik dengan bahan kimia atau pemanasan temperatur tinggi. Aktivasi dengan temperatur tinggi dapat penguapkan air-air dalam rongga sehingga zeolit menjadi lebih murni. Aktivasi dengan bahan kimia seperti asam memiliki hasil yang lebih baik dan zeolit menjadi lebih bersahabat dengan alam karena kation-kation dalam rongga zeolit ikut terbuang dan membuat zeolit menjadi lebih nonpolar.

Berdasarkan proses terbentuknya zeolit, terdapat 2 macam jenis zeolit yaitu zeolit alam dan zeolit sintesis (Payra & Dutta, 2003).

A. Zeolit alam

Zeolit di alam terbentuk sebagai kristal dalam rongga kecil batuan *basalt* selama bertahun-tahun atau seperti batuan vulkanik yang berubah saat berinteraksi dengan air garam. Zeolit alami ini terbentuk di sejumlah lingkungan geologis seperti gurun alkali, sedimen danau, kolam abu dan sedimen laut pada temperatur yang relatif rendah, dalam kondisi alami. Mereka juga dapat mengkristal dalam batuan metamo muda di daerah pegunungan. Pada kisaran tahun 1950, ahli geologi menemukan bahwa endapan jutaan ton batuan vulkanik yang sebagian besar terdiri dari bahan zeolitik tidak umum. Kristal zeolitik ini memiliki struktur yang unik, terisi dengan air yang dapat digerakkan oleh pemanasan. Dengan demikian, kristal yang mengering memiliki struktur seperti sarang lebah dengan diameter 2–10 Å.

Zeolit alami seperti *klinoptilolit* dan *Chabazite* memiliki aplikasi di berbagai bidang yang beragam seperti pengolahan air, aplikasi pupuk untuk amandemen tanah dan pertumbuhan tanaman dengan membangun retensi nutrisi yang lebih baik. *Klinoptilolit* telah diterima secara luas penggunaannya dalam pertanian, amandemen tanah dan pakan aditif karena kandungan silikanya memiliki ketahanan asam yang lebih tinggi (yaitu pada $Si/Al = 1-5$). Namun, zeolit memiliki pengotor (Fe^{2+} , SO_4^{2-} , kuarsa, dan zeolit lain) dan karena itu mungkin tidak cocok pada kebutuhan industri yang sangat butuh keseragaman dan kemurnian.

Tabel II.1 Jenis Mineral Zeolit Alam dan Rumus Kimia

Jenis Mineral Zeolit	Rumus Kimia
Clinoptilolite	$(K_2Na_2Ca)_3 Al_6Si_{30}O_{72} \cdot 21H_2O$
Modernite	$(Na_2Ca)_4 Al_8Si_{40}O_{96} \cdot 28H_2O$
Chabazite	$(CaNa_2K_2)_2 Al_4Si_8O_{24} \cdot 12H_2O$
Phillipsite	$K_2(CaNa_2)_2 Al_8Si_{10}O_{32} \cdot 12H_2O$
Scolecite	$Ca_4Al_8Si_{12}O_{40} \cdot 12H_2O$
Stilbite	$Na_2Ca_4Al_{10}Si_{26}O_{72} \cdot 30H_2O$
Analcime	$Na_{16}Al_{16}Si_{32}O_{96} \cdot 16H_2O$
Laumontite	$Ca_4Al_8Si_{16}O_{48} \cdot 16H_2O$
Erionite	$(Na_2K_2MgCa_{15})_4 Al_8Si_{28}O_{72} \cdot 28H_2O$
Ferrierite	$(Na_2K_2CaMg)_3 Al_6Si_{30}O_{72} \cdot 20H_2O$

Sumber : Wang dan Peng, 2010

B. Zeolit sintetis

Zeolit ini disintesis dengan proses kimia yang menghasilkan keadaan yang lebih seragam dan lebih murni dibandingkan dengan zeolit alam dalam hal struktur kisi, ukuran pori-pori dan ruang pada rangka-rangka zeolit. Bahan baku utama yang baik untuk membuat zeolit sintetis dari bahan kimia murni yang kaya silika dan alumina berasal dari mineral yang tersedia di bumi atau produk sampingan dari industri. *Fly ash* merupakan produk samping industri yang melimpah dan murah, mineral yang kaya akan silika dan alumina dapat menjadi bahan alternatif untuk sintesis zeolit sintetis. Jenis zeolit yang terbentuk tergantung pada temperatur, tekanan, konsentrasi larutan reagen, pH, proses aktivasi dan periode penuaan, SiO₂ dan Al₂O₃ dari isi bahan baku. Berdasarkan rasio molar Si/Al dalam abu terbang aktif, zeolit dapat diklasifikasikan sebagai silika rendah, silika sedang dan silika tinggi, seperti yang tercantum pada Tabel II.2. Secara umum untuk zeolit, peningkatan parameter ini (Si/Al, 0,5 hingga tak terbatas) dapat secara signifikan menghasilkan peningkatan dalam berbagai parameter lain seperti, resistivitas asam, stabilitas termal dan hidrofobik kecuali beberapa parameter lain seperti hidrofilitas, kepadatan situs asam dan konsentrasi kation yang menurun. Secara umum, zeolit sintetis memiliki beberapa keunggulan utama dibandingkan dengan zeolit zeolit lainnya. Zeolit tipe A, X, Y, P dan Na-P1 adalah zeolit sintetis terkenal yang disintesis dari *fly ash* yang memiliki aplikasi industri yang lebih luas daripada zeolit alami (Jha, 2016).

Tabel II.2 Tingkatan Zeolit

Tingkatan Zeolit	Rasio Si/Al molar	Nama Mineral dan Kode Framework
Silika Rendah	≤ 2	Analcime (ANA), Cancrinate (CAN), Na-X (FAU), Natrolite (NAT), Phillipsite (PHI), Sodalite (SOD)
Silika Sedang	2 – 5	Chabazite (CHA), Faujasite (FAU), Mordenite (MOR), Na-Y (FAU)
Silika Tinggi	≥ 5	ZSM-5 (FSI), zeolit β (BEA)

Sumber : Jha, 2016

2.6 Coupling agent

Coupling agent adalah bahan yang digunakan untuk meningkatkan ikatan antara senyawa yang umumnya berbeda polaritasnya. *Coupling agent* menjadi

komponen penting dalam pembuatan komposit saat ini. Pelapisan partikel dengan *coupling agent* seperti MAPP digunakan untuk memperkuat ikatan antara matriks dan *filler* (Demir dkk, 2006). MAPP adalah senyawa polipropilena yang dicangkokkan dengan gugus maleik anhidrit dengan bantuan inisiator yang umumnya dibuat menggunakan metode ekstrusi. MAPP dapat mengikat material polar dan nonpolar sekaligus karena memiliki kutub polar pada ujung gugus rantai utama dan kutub nonpolar pada ujung-ujung rantai utama (Rzayev, 2011).

2.7 Antioksidan

Antioksidan adalah molekul yang mampu memperlambat atau mencegah proses oksidasi molekul lain. Oksidasi adalah reaksi kimia yang dapat menghasilkan radikal bebas, dimana reaksi ini akan memicu reaksi berantai yang dapat merusak bahan. Irganox 1010 biasa digunakan sebagai antioksidan dalam konsentrasi rendah 0,01-0,5% pada poliolefin agar mendapatkan stabilitas dalam proses ekstrusi ataupun pencetakan lainnya (Kirk, 2004). MAPP dibuat dengan metode ekstrusi dengan mencampurkan polipropilena, MA dan inisiator. Namun gugus MA dari MAPP sangat rentan kembali menjadi radikal pada 300°C sehingga perlu ditambahkan 0,01-0,5% antioksidan berdasarkan berat MAPP yang akan dibuat (Rzayev, 2011). Penambahan antioksidan sebesar 0,5% kedalam polimer terbukti meningkatkan nilai kuat tarik sebesar 11% dibandingkan dengan polimer tanpa antioksidan (Ghani dkk, 2014)

2.8 Pengujian Komposit

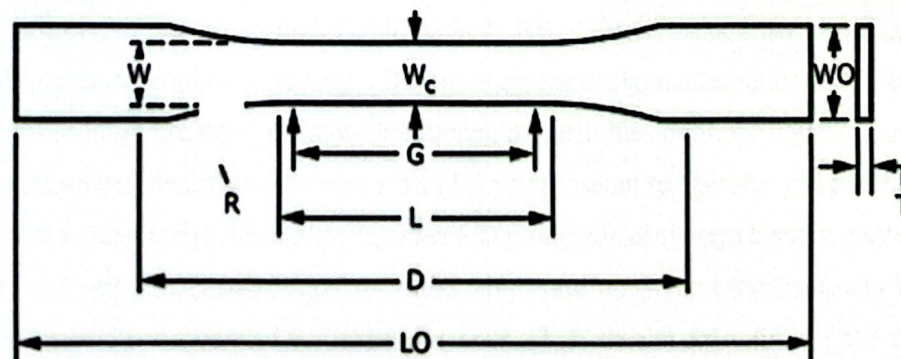
Pengujian dilakukan untuk melihat sifat-sifat komposit. Sifat komposit sangat bergantung pada komponen penyusun, bentuk penguat, interaksi matriks dan penguat dan metode pembuatannya. Sifat komposit yang paling penting dan umum dilakukan pengujian adalah pengujian kuat tarik, pengujian kandungan gugus fungsi dan pengujian sifat termal.

2.8.1 Pengujian Kuat Tarik (ASTM D638)

Pengujian tarik adalah pengujian mekanik sampel secara statis dengan pembebanan pada kedua ujung dengan gaya patahan tertentu. Metode pengujian ini menentukan sifat-sifat tarik dari plastik yang tidak diperkuat dan diperkuat dalam

bentuk spesimen uji bentuk *dog bone* standar ketika diuji di bawah kondisi yang ditentukan dari *pretreatment*, temperatur, kelembaban, dan kecepatan mesin uji. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik tarik dari komposit yang diuji. Pertambahan panjang yang terjadi akibat gaya tarikan yang diberikan pada sampel uji disebut deformasi.

Metode uji ini dirancang untuk menghasilkan data sifat kuat tarik pada kontrol dan spesifikasi bahan plastik. Data ini juga berguna untuk pengujian kualitatif dan juga untuk penelitian dan pengembangan. Untuk banyak material, mungkin ada spesifikasi yang mengharuskan penggunaan metode pengujian ini, tetapi dengan beberapa modifikasi prosedural yang lebih diutamakan ketika menggunakan metode ini. Oleh karena itu, disarankan untuk merujuk pada spesifikasi material sebelum menggunakan metode tes ini. Uji Tarik ini menggunakan ASTM D638 karena material yang digunakan adalah plastik dengan penambahan *filler* zeolit. Adapun metode standar ASTM lain yang biasa digunakan pada pengujian kuat tarik seperti ASTM D3039 yang digunakan untuk pengujian komposit plastik tipis. Spesimen uji tarik pada ASTM D638 menggunakan bentuk *dog bone* dengan ukuran standar seperti pada Gambar II.3 spesimen uji tarik tipe 3.



Gambar II.3 Spesimen Uji Kuat Tarik Tipe III

Sumber : ASTM D638-02, 2002

Keterangan:

- W_O (Lebar)
- W (Lebar bagian yang sempit)
- G (Panjang pengukuran)

- T (Tebal)
- D (Jarak antara grip)
- LO (Panjang keseluruhan)
- L (Panjang bagian yang sempit)

2.8.2 Pengujian Sifat Termal

Pengujian sifat termal menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dilakukan untuk melihat perubahan polimer akibat pemanasan. Perubahan yang dilihat adalah temperatur leleh, temperatur transisi kaca, ΔH_m dan kristalinitas.

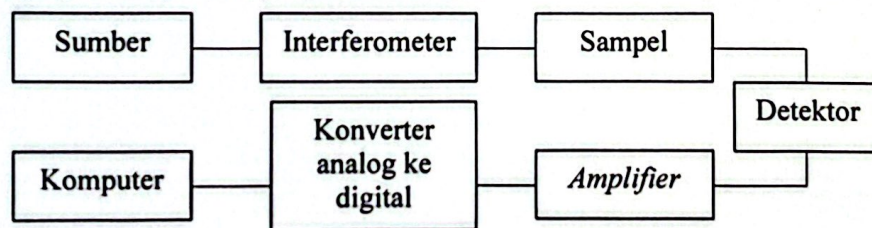
Umumnya polimer dapat diklasifikasikan menurut sifat termal menjadi termoplastik dan *Thermosetting*. Termoplastik bersifat amorf atau semikristalin dimana polimer yang lunak atau meleleh selama pemanasan dan mengeras selama pendinginan. Proses pemanasan - pendinginan - pemanasan dapat diulang tanpa perubahan yang nyata dalam termal dan sifat mekanik termoplastik. Polimer *Thermosetting* selama pemanasan mengalami perubahan kimia dan proses ini tidak dapat diubah. Sifat yang dihasilkan dari bahan polimer dan campuran tergantung pada bahan kimia dan sifat fisis dari polimer, aditif serta metode pengolahan yang digunakan.

Differential Scanning Calorimetry (DSC) adalah metode pengujian fisis yang digunakan untuk mempelajari sifat termal dari polimer, kopolimer, campuran polimer dan komposit. Umumnya, DSC non-isothermal digunakan untuk identifikasi polimer dasar dan juga penentuan kemurnian dan stabilitas polimer. Polimer amorf menunjukkan temperatur transisi kaca (T_g) yaitu kisaran temperatur yang sempit, di bawah temperatur tersebut polimer bersifat *glassy* dan di atasnya bersifat *rubbery* dan polimer semikristalin dapat memiliki temperatur transisi kaca (T_g), temperatur kristalisasi (T_c), temperatur leleh (T_m), derajat kristalisasi (X_c) dan entalpi pelelehan (ΔH_m). Pada temperatur kristalisasi, polimer kehilangan sebagian susunan rantai acaknya, bentuk ikatan antarmolekul dan molekul polimer menjadi lebih teratur. Pembentukan ikatan selama kristalisasi adalah proses eksotermik, sehingga terjadi peningkatan aliran panas (puncak pada kurva DSC) menyertai proses kristalisasi. Namun, sifat-sifat ini berubah oleh kehadiran aditif dan diterapkan metode pemrosesan polimer. Pada prinsipnya, sampel dan referensi

dipertahankan pada temperatur yang sama, sementara setiap transisi yang terjadi pada sampel membutuhkan pasokan energi, yang dicatat oleh DSC sebagai tingkat dQ/dt terhadap temperatur atau waktu (Gregorova, 2013).

2.8.3 Pengujian Kandungan Gugus Fungsi

Pengujian karakteristik kimia bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi dari komposisi material yang akan diuji. Alat uji yang digunakan adalah *fourier-transform infrared* (FTIR). FTIR didasarkan pada gagasan interferensi radiasi untuk menghasilkan interferogram berupa sinyal yang dihasilkan sebagai fungsi dari perubahan jalur. Dua domain jarak dan frekuensi dapat dipertukarkan dengan metode matematis transformasi *fourier*. Komponen dasar spektrometer FTIR ditunjukkan secara skematik pada Gambar II.3. Radiasi yang muncul dari sumber dilewatkan melalui interferometer ke sampel sebelum mencapai detektor. Setelah amplifikasi sinyal, di mana kontribusi frekuensi tinggi telah dieliminasi oleh filter, data dikonversi ke bentuk digital oleh konverter analog ke digital dan ditransfer ke komputer untuk transformasi *fourier* (Stuart, 2004). Beberapa bilangan gelombang dan tipe getarannya terdapat pada tabel II.3.



Gambar II.4 Komponen Dasar Spektrometer FTIR
Sumber: Stuart, 2004

Tabel II.3 Tipe Getaran dan Bilangan Gelombang pada Senyawa Alifatik

Jenis Ikatan	Tipe Getaran	Bilangan Gelombang (cm^{-1})
C-H	-CH ₃ (Uluran)	2960 dan 2870
	-CH ₃ (Tekukan)	1470 dan 1380
	-CH ₂ - (Uluran)	2930 dan 2850
=C-H	Alkena Uluran	3100-3000
	Alkena, Tekukan <i>in-plane</i>	1400
	Alkena, Tekukan <i>out-plane</i>	1000-600
C=C	Alkena, Uluran	1680-1600

Sumber: Stuart, 2004

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian diawali dengan mempersiapkan bahan baku zeolit alam Tasikmalaya yang sebelumnya telah ditimbang terlebih dahulu. Zeolit alam Tasikmalaya yang sudah keringkan nantinya akan dicampur dengan kompon polipropilena/MAPP/Irganox pada MFM. Proses pengeringan zeolit dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta. Proses pembuatan kompon polipropilena/MAPP/Irganox, pencetakan komposit dan pengujian dengan DSC serta FTIR dilakukan di Laboratorium Polimer Politeknik STMI Jakarta. Lembaran komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya selanjutnya dicetak dan diuji kuat tarik dengan alat UTM di Laboratorium Polimer Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Pasar Jumat.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

1. Neraca analitik tipe Adam AFP -4100 L
2. lembaran teflon 20×30 cm
3. pisau cetakan spesimen ASTM D638 tipe III
4. ayakan 170 mesh
5. oven tipe Nabertherm
6. mesin ayakan elektrik
7. TEACH-LINE *compounder* ZK 25×24 D
8. alat cetakan spesimen tipe Toyoseiki QC-601A
9. *manual forming machine* (MFM) Cometech model QC-601A
10. *fourier transform infrared* (FTIR) *spectroscopy* tipe Nicole IS-10
11. *differential scanning calories* (DSC) tipe Netzsch 214 polyme

12. *universal testing machine*

3.2.2 Bahan

1. Resin homopolimer polipropilena (PP) *injection grade* MAS 5402 yang diperoleh dari PT. Polytama Propindo, Indramayu.
2. Zeolit alam Tasikmalaya dari PT. Adywater yang diperoleh dari Cikancra, Cikalong, Tasikmalaya.
3. *Maleic anhydride grafted polypropylene* (MAPP) granular diperoleh dari PT. Kobunshi Gokin Material, Kapuk, Jakarta Barat.
4. Antioksidan Irganox 1010 dari PT. Polytama Propindo, Indramayu.

3.3 Variabel

Variabel dalam penelitian komposit polipropilena/zeolit terdiri dari variabel tetap dan variabel berubah.

3.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap adalah suatu variabel yang tidak berubah selama penelitian berlangsung. Variabel tetap dalam penelitian ini yaitu waktu pemanasan saat di *Manual Forming* selama 22 menit dan persentase massa irganox 1010 0,52%.

3.3.2 Variabel Berubah

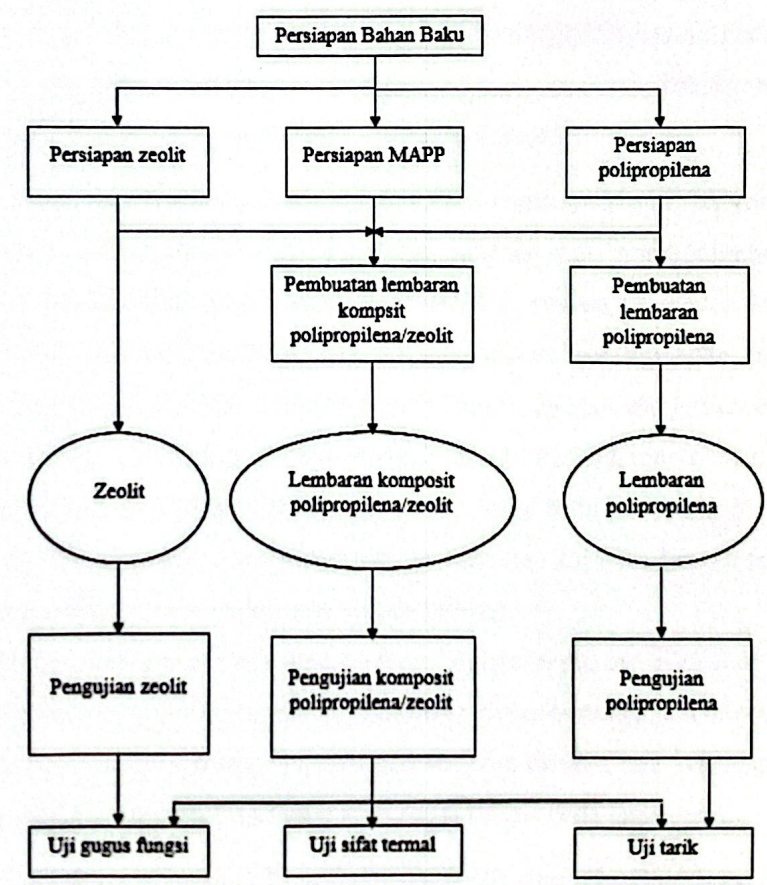
Variabel berubah adalah suatu variabel yang berubah selama penelitian berlangsung untuk mencari nilai terbaik pada sampel produk komposit. Variabel berubah dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel III..

Tabel III.1 Matriks Penelitian

Sampel	Persentase Zeolit (%wt)	Persentase MAPP (%wt)	Temperatur Pencetakan (°C)
1	10	20	185
2	10	20	190
3	10	30	185
4	10	30	190
5	20	20	185
6	20	20	190
7	20	30	185
8	20	30	190

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dimulai dengan beberapa tahapan. Tahap pertama yang dilakukan adalah melakukan persiapan bahan kompon komposit, kemudian mengayak dan mengeringkan zeolit lalu ditimbang. Selanjutnya tahap pembuatan matriks pelet polipropilena dengan *compounder* dan pembuatan lembaran komposit dengan alat MFM. Setelah itu dilakukan pengujian kuat tarik dengan alat UTM, pengujian kandungan gugus fungsi dengan alat FTIR dan pengujian sifat termal dengan alat DSC.



Gambar III.1 Skema Penelitian

3.4.1 Persiapan Zeolit Alam Tasikmalaya

Zeolit alam Tasikmalaya diperoleh dari PT. Adywater. Zeolit alam Tasikmalaya diayak dengan mesin ayak dan dihilangkan kandungan air dengan

oven di Laboratorium Fisika Fakultas Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Jakarta.

Pengayakan dilakukan untuk menyamaratakan ukuran zeolit alam Tasikmalaya. Pengayakan dilakukan dengan mesin ayak elektrik selama 1 jam pada temperatur ruang 27°C dalam ruangan kering. Zeolit alam Tasikmalaya di ayak untuk menyamaratakan ukuran zeolit pada 170 mesh.

Setelah proses pengayakan telah selesai zeolit alam lalu akan dikeringkan pada temperatur 300°C selama 4 jam dengan oven dan didinginkan selama 4 jam dalam ruangan kering. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan air pada rongga-rongga zeolit karena kandungan air dalam rongga dapat menyebabkan rongga-rongga udara pada proses pencetakan lembaran komposit.

3.4.2 Pembuatan Kompon Pelet Matriks Polipropilena/MAPP/Irganox

Resin polipropilena yang digunakan adalah jenis homopolimer dengan *injection grade* (MAS 5402), diperoleh dari PT Polytama Propindo. Pembuatan pelet matriks polimer pada penelitian ini menggunakan mesin ekstruder *twin screw* serta di ujung keluaran/*die* ekstruder disambungkan dengan alat *pelletizer* dengan melalui proses *quenching* pada *waterbath* untuk menjadikan lelehan polimer menjadi bentuk pelet. Kecepatan putar *screw* diatur pada putaran (n1) 100 rpm. Ekstruder ini digerakkan oleh motor dengan kekuatan 2.6 kW, dengan temperatur maksimum 300°C dan tekanan maksimum 180 bar.

Proses pemanasan hasil putaran *screw* dalam ekstruder dilakukan bertahap dalam 5 zona. Temperatur *barrel* dari ekstruder dibuat bertahap dan ditetapkan, hal ini bertujuan agar pemanasan bahan dapat berjalan dengan baik sehingga didapat produk yang diinginkan. Gambar alat uji dapat dilihat pada lampiran C.

3.4.3 Pembuatan Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Tasikmalaya

Pada proses pembuatan komposit, metode pembuatannya menggunakan *manual forming machine* (MFM) dimana zeolit alam Tasikmalaya disebar secara merata di permukaan matriks polipropilena hingga merata dan dialasi dengan sepasang lembaran teflon dan dicetak. Komposit yang dihasilkan memiliki ukuran 20x20 cm. Mesin *manual forming* terbagi menjadi 5 *stage*. Temperatur pencetakan

yang digunakan adalah 185°C dan 190°C (Demir dkk, 2006). Pada awalnya penelitian ini menggunakan perbedaan 10°C yaitu dari 180°C dan 190°C. Namun pada temperatur pencetakan 180°C kompon tidak meleleh dengan baik. Hal ini terlihat hasil komposit yang masih memiliki kompon yang masih berbentuk pelet. Sehingga suhu 180°C diganti menjadi 185°C dan hasilnya cukup baik. Kondisi operasi yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel III.2.

Tabel III.2 Kondisi Operasi *Manual Forming Machine*

Kondisi	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5
T (°C)	185	185	185	185	30
P (bar)	0	40	200	300	300
t (min)	3	7	5	7	15

Proses pada mesin *manual forming* terdiri dari 5 *stage* atau fase, yaitu: pemanasan awal (*pre-heating*), pelepasan udara, pelelehan, pengepresan dan pendinginan. Pada fase pertama, belum diberikan tekanan untuk membiarkan semua pelet menyebar secara merata. Pada fase selanjutnya tekanan diberikan hingga kedua pelat bersentuhan dan memiliki sedikit rongga untuk memastikan udara yang terperangkap dapat terdorong keluar. Fase berikutnya tekanan diberikan untuk benar-benar memastikan udara sudah keluar dan semua matriks meleleh. Setelah itu masuk ke fase pengepresan matriks polipropilena/MAPP/Irgnaox dan zeolit alam Tasikmalaya pada tekanan optimum. Setelah 7 menit mengalami pengepresan komposit didinginkan hingga temperatur ruang 30°C.

Bahan-bahan tersebut diletakkan pada cetakan logam yang dialasi teflon dan ditutup dengan rapat, kemudian hasil dari pengepresan tersebut akan membentuk komposit. Pada proses ini membutuhkan waktu kurang lebih sekitar 45 menit. Seluruh Gambar alat proses dalam langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada lampiran D.

3.5 Tahap Pengujian

3.5.1 Pengujian Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat tarik dari polipropilena dan komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya. Pengujian kuat

tarik di dalam penelitian ini menggunakan alat uji UTM yang dilakukan di Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta Selatan. Pengujian ini mengikuti standar ASTM D638-14. Sebelum dilakukan pengujian, sampel terlebih dahulu diukur dimensinya dan jarak antar *grip* pada alat UTM diatur hingga ketinggian 65 mm sesuai standar ASTM D638-14. Pengujian dilakukan dengan menjepit ujung sampel pada alat uji dan sampel ditarik dengan pembebanan tertentu sampai sampel patah. Hasil besar nilai kuat tarik dan perubahan panjang sampel saat putus dicatat.

3.5.2 Pengujian Gugus fungsi

Untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya digunakan alat *Fourier Transform Infrared* (FTIR) merek Nicole IS-10 dengan mengikuti standar ASTM E1421 yang dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta. Sampel yang akan diuji dengan FTIR berbentuk lembaran komposit yang kemudian dilakukan pemindaian sinar inframerah dengan jangkauan bilangan gelombang pada kisaran $4000-500\text{ cm}^{-1}$. Analisis FTIR yang digunakan untuk mengidentifikasi kandungan gugus fungsi yang terbentuk pada sampel dapat dilihat dalam bentuk spektra serta keberadaan pita-pita serapan yang dinyatakan sebagai bilangan gelombang (*wavenumber*) dalam satuan cm^{-1} .

3.5.3 Pengujian Sifat Termal

Pengujian sifat termal dilakukan dengan alat *differential scanning calories* (DSC) tipe Netzsch 214 polima yang dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta. Penggunaan DSC berdasarkan ASTM D3148-12.

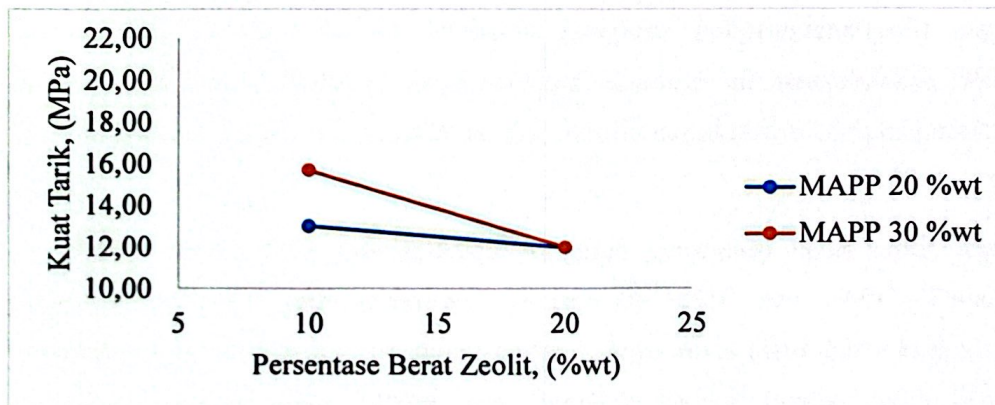
Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai temperatur leleh, temperatur transisi kaca dan kristalinitas. Sampel akan dipotong dan ditimbang seberat 5,8 mg. Sampel yang sudah ditimbang lalu dimasukkan ke dalam *crucible pan* dan dipress dengan alat pengepresan yang tersedia. Sampel diuji dengan metode 2 kali pemanasan yaitu *first heating* dan *second heating*. Pemanasan dimulai pada temperatur -20°C hingga 200°C . Lalu temperatur ditahan hingga 5 menit. Kemudian didinginkan hingga -20°C dan ditahan kembali hingga 5 menit. Kemudian sampel dipanaskan lagi hingga 200°C . Laju pemanasan yang digunakan adalah $10^{\circ}\text{C}/\text{menit}$.

BAB IV

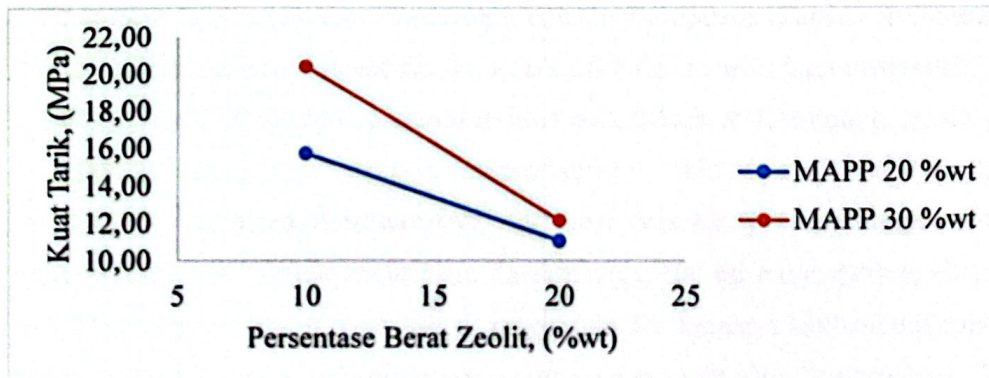
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Persentase Berat Zeolit Alam Terhadap Kuat Tarik Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Tasikmalaya

Pengujian kuat tarik menggunakan alat *universal testing machine*. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui pengaruh persentase berat zeolit, persentase berat MAPP serta temperatur pencetakan pada matriks polipropilena. Gambar IV.1 menunjukkan pengaruh persentase berat zeolit terhadap kuat tarik komposit.



(a)



(b)

Gambar IV.1 Pengaruh Persentase Zeolit Alam terhadap Kuat Tarik dalam Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Tasikmalaya pada Temperatur Pencetakan (a) 185°C dan (b) 190°C

Pada Gambar IV.1 menunjukkan kuat tarik komposit dari setiap sampel. Nilai kuat tarik yang dihasilkan adalah nilai rata-rata dari tiga spesimen yang diuji. Kemudian dari hasil pengujian dianalisis pengaruh dari persentase berat zeolit alam Tasikmalaya dan MAPP pada temperatur operasi 185°C dan 190°C di *manual forming* saat pembuatan lembaran komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya.

Berdasarkan data yang terlihat pada Gambar IV.1 menunjukkan bahwa kuat tarik komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya masih berada di bawah nilai kuat tarik polipropilena murni. Hal ini disebabkan karena buruknya interaksi antara matriks polipropilena dengan zeolit (Zaharri & Othman, 2010). Penurunan kuat tarik juga mungkin dikarenakan penyebaran zeolit yang tidak merata sehingga menyebabkan zeolit terkonsentrat pada bagian-bagian tertentu. Secara kasat mata hal ini dapat dilihat bahwa lembaran komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya banyak terdapat rongga-rongga. Keadaan ini menyebabkan *filler* kurang optimum dalam menerima beban dari matriks dan akhirnya komposit mudah rusak.

Pada Gambar IV.1 menunjukkan pengaruh persentase berat zeolit alam Tasikmalaya/MAPP pada temperatur pencetakan 185°C dan 190°C. Terjadi penurunan kuat tarik komposit seiring bertambahnya zeolit alam dalam komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya. Semakin banyak jumlah zeolit alam Tasikmalaya dalam matriks menyebabkan semakin sulitnya zeolit alam Tasikmalaya tersebar merata keseluruhan matriks polipropilena (Zaharri & Othman, 2010). Lemahnya interaksi antarmuka antara *filler* dan matriks juga menyebabkan komposit mudah rusak dan menurunkan kuat tarik (Metin & Tihminliog, 2004).

Namun disisi lain dengan menambahkan lebih banyak MAPP dan meningkatkan temperatur pencetakan, nilai kuat tarik komposit meningkat pada penambahan berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya. Hal ini menunjukkan kinerja MAPP pada penambahan berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya lebih efektif dalam meningkatkan interaksi antarmuka polipropilena dan zeolit alam Tasikmalaya.

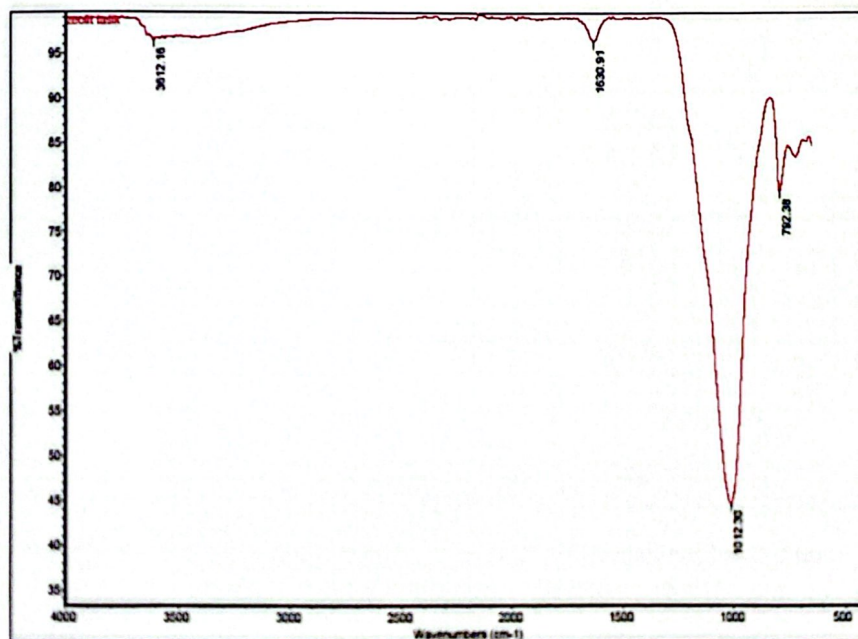
Peningkatan temperatur pada proses pencetakan komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya juga dapat meningkatkan kuat tarik komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya. Hal ini disebabkan pada temperatur 190°C memungkinkan kompon polipropilena/MAPP meleleh serta mengikat zeolit lebih

baik. Kuat tarik tertinggi terdapat pada komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya dengan penambahan berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya dan penambahan berat 30%wt MAPP pada temperatur pencetakan 190°C sebesar 20,50 MPa. Namun nilai tersebut tidak lebih baik dari kuat tarik yang dilaporkan oleh Demir dkk (2006) yang hanya menambahkan 2,5% MAPP dalam komposit dengan 10%wt zeolit alam dengan kuat tarik sebesar 27,9 MPa .

4.2 Kandungan Gugus Fungsi Polipropilena, Zeolit Alam Tasikmalaya dan Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Tasikmalaya dengan FTIR

Pengujian menggunakan spektrofotometer FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi dari komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya. Analisis dengan spektrofotometer FTIR dilakukan terhadap lembaran polipropilena, serbuk zeolit alam Tasikmalaya dan komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya pada temperatur operasi 185°C dan 190°C.

4.2.1 Kandungan Gugus Fungsi pada Zeolit Alam Tasikmalaya



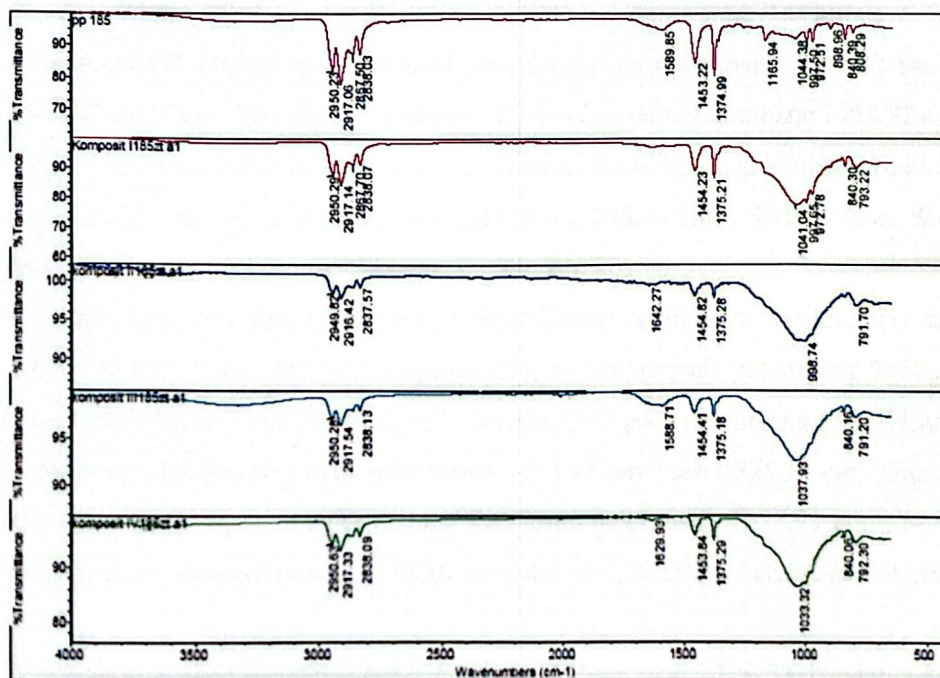
Gambar IV.2 Zeolit Alam Tasikmalaya

Gambar IV.2 menunjukkan terdapat 4 gelombang dalam zeolit alam Tasikmalaya. Bilangan gelombang 3612,16 cm^{-1} menunjukkan adanya getaran dari gugus Si-OH. Getaran gugus H-O-H ditunjukkan pada bilangan gelombang 1630,91 cm^{-1} . Bilangan gelombang 1012,30 cm^{-1} menunjukkan gugus Si-O-C. Bilangan

gelombang $792,38 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya getaran dari gugus Si-H (Zaharri & Othman, 2010).

4.2.3 Kandungan Gugus Fungsi pada Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Tasikmalaya dengan Temperatur Pencetakan 185°C dan 190°C

Gambar IV.4 menunjukkan getaran-getaran dari ikatan yang berada pada polipropilena (garis pertama), komposit dengan penambahan berat $10\% \text{wt}$ zeolit alam Tasikmalaya dan $20\% \text{wt}$ MAPP (garis kedua), komposit dengan penambahan berat $10\% \text{wt}$ zeolit alam Tasikmalaya dan $30\% \text{wt}$ MAPP (garis ketiga), komposit dengan alam Tasikmalaya $20\% \text{wt}$ zeolit alam Tasikmalaya dan $20\% \text{wt}$ MAPP (garis keempat), dan komposit dengan alam Tasikmalaya $20\% \text{wt}$ zeolit dan $30\% \text{wt}$ MAPP (garis kelima) pada temperatur pencetakan 185°C .



Gambar IV.3 Polipropilena dan Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Tasikmalaya pada Temperatur Pencetakan 185°C

Pada Gambar IV.3 hasil pengujian FTIR pada polipropilena dan komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya dengan temperatur pencetakan 185°C . Pada polipropilena dengan temperatur pencetakan 185°C ditemukan puncak gelombang CH_3 stretching pada $2950,23 \text{ cm}^{-1}$; $2917,06 \text{ cm}^{-1}$; $2867,5 \text{ cm}^{-1}$ dan $2838,03 \text{ cm}^{-1}$. Getaran $\text{C}=\text{C}$ bending ditemukan pada gelombang $1589,85 \text{ cm}^{-1}$. Getaran CH_3

bending ditemukan pada gelombang $1453,22 \text{ cm}^{-1}$ dan $1374,99 \text{ cm}^{-1}$. Serta ditemukan juga *fingerprint* polipropilena pada gelombang $1165,94 \text{ cm}^{-1}$; $1044,38 \text{ cm}^{-1}$; $997,59 \text{ cm}^{-1}$; $972,51 \text{ cm}^{-1}$; $898,96 \text{ cm}^{-1}$; $840,39 \text{ cm}^{-1}$ dan $808,29 \text{ cm}^{-1}$ (Jun & Juwono, 2010).

Pada komposit dengan persentase berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP ditemukan getaran gugus CH_3 *stretching* pada gelombang $2950,29 \text{ cm}^{-1}$; $2917,14 \text{ cm}^{-1}$; $2867,70 \text{ cm}^{-1}$ dan $2838,07 \text{ cm}^{-1}$. Getaran gugus CH_3 *bending* pada gelombang $1454,23 \text{ cm}^{-1}$ dan $1375,21 \text{ cm}^{-1}$ (Jun & Juwono, 2010). Getaran Si-O-C yang kuat pada gelombang $1041,04 \text{ cm}^{-1}$; $997,65 \text{ cm}^{-1}$ dan $972,78 \text{ cm}^{-1}$. Serta getaran Si-H pada gelombang $840,30 \text{ cm}^{-1}$ dan $793,22 \text{ cm}^{-1}$ (Zaharri & Othman, 2010).

Pada komposit dengan persentase berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP ditemukan gugus C-H *stretching* pada gelombang $2949,82 \text{ cm}^{-1}$; $2916,42 \text{ cm}^{-1}$ dan $2837,57 \text{ cm}^{-1}$. Getaran CH_3 *bending* pada gelombang $1454,82 \text{ cm}^{-1}$ dan $1375,28 \text{ cm}^{-1}$ (Jun & Juwono, 2010). Getaran H-O-H pada gelombang $1642,27 \text{ cm}^{-1}$. Getaran Si-O-C yang kuat pada gelombang $998,74 \text{ cm}^{-1}$. Serta getaran Si-H pada gelombang $790,70 \text{ cm}^{-1}$ (Zaharri & Othman, 2010).

Pada komposit dengan persentase berat 20%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP ditemukan getaran gugus CH_3 *stretching* pada gelombang $2950,28 \text{ cm}^{-1}$; $2917,54 \text{ cm}^{-1}$ dan $2838,13 \text{ cm}^{-1}$. Getaran C=C pada gelombang $1588,71 \text{ cm}^{-1}$. Getaran CH_3 *bending* pada gelombang $1454,41 \text{ cm}^{-1}$ dan $1375,18 \text{ cm}^{-1}$ (Jun & Juwono, 2010). Getaran Si-O-C yang kuat pada gelombang $1037,93 \text{ cm}^{-1}$. Serta getaran Si-H pada gelombang $840,16 \text{ cm}^{-1}$ dan $791,20 \text{ cm}^{-1}$ (Zaharri & Othman, 2010).

Pada komposit dengan penambahan berat 20%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP ditemukan getaran gugus C-H *stretching* pada gelombang $2950,63 \text{ cm}^{-1}$; $2917,33 \text{ cm}^{-1}$ dan $2838,09 \text{ cm}^{-1}$. Getaran CH_3 *bending* pada gelombang $1453,84 \text{ cm}^{-1}$ dan $1375,29 \text{ cm}^{-1}$ (Jun & Juwono, 2010). Getaran H-O-H pada gelombang $1629,93 \text{ cm}^{-1}$. Getaran Si-O-C yang kuat pada gelombang $1033,32 \text{ cm}^{-1}$. Serta getaran Si-H pada gelombang $840,06 \text{ cm}^{-1}$ dan $792,30 \text{ cm}^{-1}$ (Zaharri & Othman, 2010).

Hasil pengujian gugus fungsi pada polipropilena diirangrum pada tabel IV.1 dan hasil pengujian setiap komposit pada setiap rasio persentase berat zeolit alam Tasikmalaya (ZT) dengan MAPP saat temperatur pencetakan 185°C diirangrum dalam tabel IV.2.

Tabel IV.1 Polipropilena pada Temperatur Pencetakan 185°C

Jenis Gugus	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Jenis Gugus	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
CH ₃ stretching	2950,23	Fingerprint Polipropilena	1165,94
	2917,06		1044,38
	2867,50		997,59
	2838,03		972,51
C=C	1589,85		898,96
CH ₃ bending	1453,22		840,39
	1374,99	808,29	

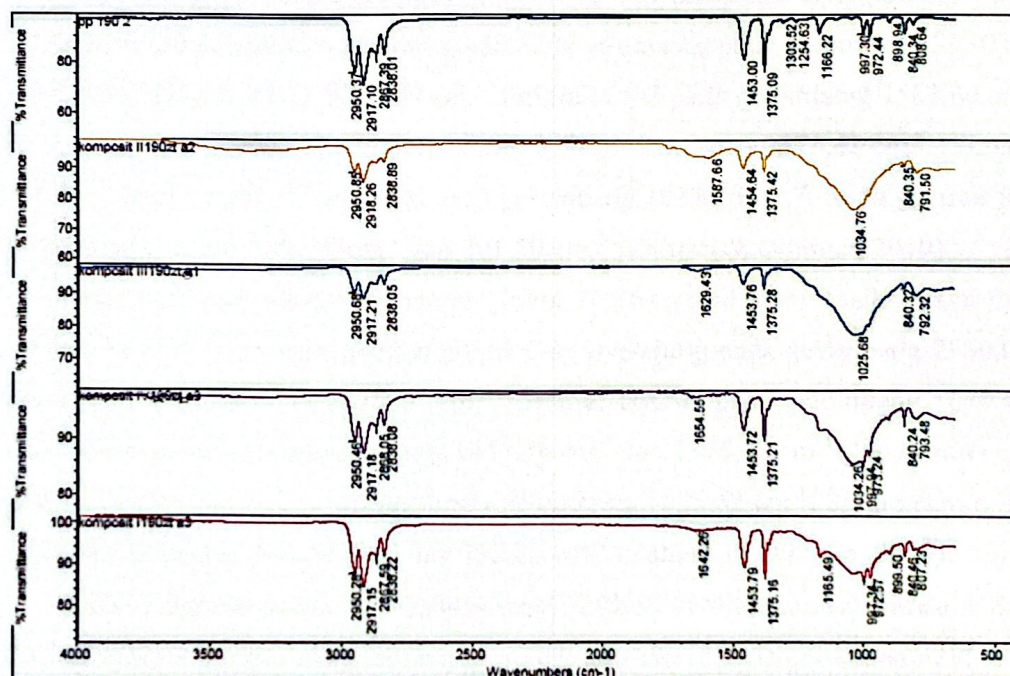
Tabel IV.2 Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Tasikmalaya pada Temperatur Pencetakan 185°C

Jenis Gugus	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)			
	ZT/MAPP 10/20	ZT/MAPP 10/30	ZT/MAPP 20/20	ZT/MAPP 20/30
CH ₃ stretching	2950,29	2949,82	2950,28	2950,63
	2917,14	2916,42	2917,54	2917,33
	2867,7	2837,57	2838,13	2838,09
	2838,07	-	-	-
H-O-H	-	1642,27	-	1629,93
C=C	-	-	1588,71	-
CH ₃ bending	1454,23	1454,82	1454,41	1453,84
	1375,21	1375,28	1375,18	1375,29
Si-O-C	1041,04	998,74	1037,93	1033,32
	997,65	-	-	-
	972,51	-	-	-
Si-H	840,39	790,70	840,16	840,06
	793,22	-	791,20	792,30
	-	-	-	-

Dari hasil pengujian dan tabel di atas menunjukkan tidak terdapat gugus baru yang terbentuk saat matrik polipropilena ditambahkan MAPP dan zeolit alam Tasikmalaya. Hal ini menunjukkan zeolit tidak terikat ke dalam matriks namun hanya berada di dalam matriks. Masih terdapatnya gugus H-O-H dalam komposit ZT/MAPP 10/20, 10/30 dan 20/30 yang menandakan terdapatnya air dalam

komposit. Adanya air di dalam komposit terjadi karena komposit disimpan pada ruang yang cukup lembab untuk beberapa hari sehingga zeolit dalam komposit mengikat air dari udara. Hal tersebut menjadi salah satu faktor menurunnya kuat tarik komposit.

Gambar IV.5 menunjukkan getaran-getaran dari ikatan yang berada pada polipropilena (garis pertama), komposit dengan persentase berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP (garis kedua), komposit dengan persentase berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP (garis ketiga), komposit dengan persentase berat 20%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP (garis keempat), dan komposit dengan persentase berat 20%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP (garis kelima) pada temperatur pencetakan 190°C.



Gambar IV.4 Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Tasikmalaya pada Temperatur Pencetakan 190°C

Pada polipropilena dengan temperatur pencetakan 190°C ditemukan puncak pada gelombang 3726,26 cm^{-1} yang menunjukkan ikatan H-O-H. Getaran CH_3 stretching ditemukan pada gelombang 2950,58 cm^{-1} ; 2917,10 cm^{-1} ; 2867,56 cm^{-1} dan 2837,99 cm^{-1} . Getaran CH_3 bending ditemukan pada gelombang 1452,81 cm^{-1} ; 1375,09 dan 1303,53 cm^{-1} . Getaran C-H bending *in-plane* ditemukan pada gelombang 1254,47 cm^{-1} . Serta ditemukan juga *fingerprint* polipropilena pada

gelombang 1166,13 cm^{-1} ; 997,24 cm^{-1} ; 972,37 cm^{-1} ; 898,86 cm^{-1} ; 840,26 cm^{-1} dan 808,49 cm^{-1} (Jun & Juwono, 2010). Adanya gugus O-H pada polipropilena menunjukkan bahwa pembersihan FTIR dengan alkohol tidak terlalu bersih sehingga gugus O-H pada alkohol ikut terbaca.

Pada komposit dengan persentase berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP ditemukan getaran gugus CH_3 *stretching* pada gelombang 2950,28 cm^{-1} ; 2917,15 cm^{-1} ; 2857,59 cm^{-1} dan 2838,13 cm^{-1} . Getaran CH_3 *bending* pada gelombang 1453,79 cm^{-1} dan 1375,16 cm^{-1} (Stuart, 2004). Getaran H-O-H pada gelombang 1642,26 cm^{-1} . Getaran Si-O-C pada gelombang 1165,49 cm^{-1} ; 997,34 cm^{-1} ; 972,37 cm^{-1} dan 899,50 cm^{-1} . Serta getaran Si-H pada gelombang 840,46 cm^{-1} dan 807,23 cm^{-1} (Zaharri & Othman, 2010).

Pada komposit dengan persentase berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP ditemukan getaran gugus C-H *stretching* pada gelombang 2950,85 cm^{-1} ; 2918,26 cm^{-1} dan 2838,89 cm^{-1} . Getaran C=C pada gelombang 1587,66 cm^{-1} . Getaran CH_3 *bending* pada gelombang 1454,64 cm^{-1} dan 1375,42 cm^{-1} (Stuart, 2004). Getaran Si-O-C yang kuat pada gelombang 1034,76 cm^{-1} . Serta getaran Si-H pada gelombang 840,35 cm^{-1} dan 791,50 cm^{-1} (Zaharri & Othman, 2010).

Pada komposit dengan persentase berat 20%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP ditemukan getaran gugus C-H *stretching* pada gelombang 2950,68 cm^{-1} ; 2917,21 cm^{-1} dan 2838,05 cm^{-1} . Getaran H-O-H pada gelombang 1629,43 cm^{-1} . Getaran CH_3 pada gelombang 1453,76 cm^{-1} dan 1375,28 cm^{-1} (Jun & Juwono, 2010). Getaran Si-O-C yang kuat pada gelombang 1025,68 cm^{-1} . Serta getaran Si-H pada gelombang 840,32 cm^{-1} dan 792,32 cm^{-1} (Zaharri & Othman, 2010).

Pada komposit dengan persentase berat 20%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP ditemukan getaran gugus CH_3 *stretching* pada gelombang 2950,46 cm^{-1} ; 2917,18 cm^{-1} ; 2868,05 cm^{-1} dan 2838,32 cm^{-1} . Getaran CH_3 *bending* pada gelombang 1453,72 cm^{-1} dan 1375,21 cm^{-1} (Stuart, 2004). Getaran H-O-H pada gelombang 1654,55 cm^{-1} . Getaran Si-O-C yang kuat pada gelombang 1034,26 cm^{-1} ; 997,94 cm^{-1} dan 972,57 cm^{-1} . Serta getaran Si-H pada gelombang 840,24 cm^{-1} dan 793,48 cm^{-1} (Zaharri & Othman, 2010).

Hasil pengujian gugus fungsi pada polipropilena diirangrum pada tabel IV.4 dan hasil pengujian setiap komposit pada setiap rasio persentase berat zeolit

alam Tasikmalaya (ZT) dengan MAPP saat temperatur pencetakan 190°C dirangkum dalam tabel IV.5.

Berdasarkan kedua tabel tersebut, komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya menunjukkan tidak adanya gugus baru yang terbentuk sehingga tidak terjadi ikatan secara kimia antara matrik dan komposit. Hal serupa juga terjadi pada komposit dengan temperatur pencetakan 185°C sehingga dapat disimpulkan penambahan temperatur pencetakan tidak memberikan pengaruh terhadap gugus fungsi komposit.

Tabel IV.3 Polipropilena pada Temperatur Pencetakan 190°C

Jenis Gugus	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Jenis Gugus	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
H-O-H	3726,26	Fingerprint Polipropilena	1166,13
CH ₃ <i>stretching</i>	2950,58		997,24
	2917,10		972,37
	2867,56		898,86
	2837,99		840,26
	1452,81		808,49
CH ₃ <i>bending</i>	1375,09		-
	1303,53		-
CH <i>bending</i>	1254,47		-

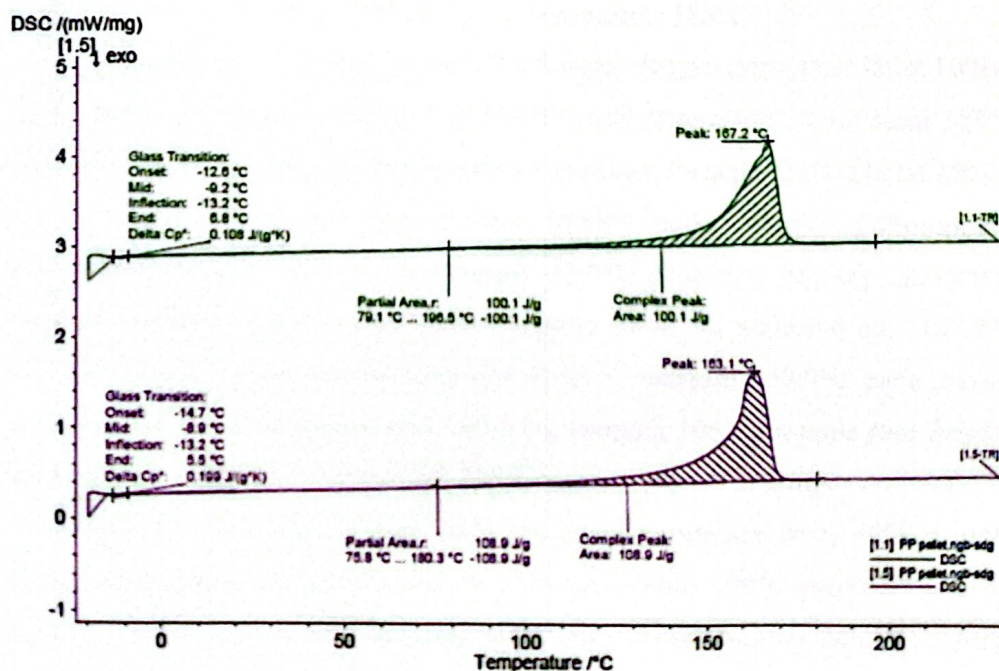
Tabel IV.4 Bilang Gelombang Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Tasikmalaya pada Temperatur Pencetakan 190°C

Jenis Gugus	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)			
	ZT/MAPP 10/20	ZT/MAPP 10/30	ZT/MAPP 20/20	ZT/MAPP 20/30
CH ₃ <i>stretching</i>	2950,28	2950,85	2950,68	2950,46
	2917,15	2918,26	2917,21	2917,18
	2857,59	2838,89	2838,05	2868,05
	2838,13	-	-	2838,32
H-O-H	1642,26	-	1629,43	1654,55
C=C	-	1587,66	-	-
CH ₃ <i>bending</i>	1453,79	1454,64	1453,76	1453,72
	1375,16	1375,42	1375,28	1375,21
Si-O-C	1165,49	1034,76	1025,68	1034,26
	997,34	-	-	997,94
	972,37	-	-	972,57
	899,50	-	-	-
Si-H	840,46	840,35	840,32	840,24
	807,23	791,50	792,32	793,48

4.3 Pengaruh Persentase Berat Zeolit terhadap Kristalinitas, Temperatur Leleh dan Temperatur Transisi Kaca pada Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Tasikmalaya

Pengujian termal menggunakan *differential scanning calorimetry* (DSC) untuk mengetahui nilai temperatur transisi kaca (T_g), temperatur leleh (T_m) dan kristalinitas (X_c) dari suatu bahan atau produk yang akan diuji (Pehlivan, 2005). Pengujian termal menggunakan DSC pada penelitian ini dilakukan melalui proses pemanasan yang dimulai dari temperatur -20°C sampai 200°C . Hasil dari termogram DSC menampilkan proses *eksoterm* dan proses *endoterm*. Proses *eksoterm* ditandai dengan adanya puncak dan proses *endoterm* ditandai dengan adanya lembah.

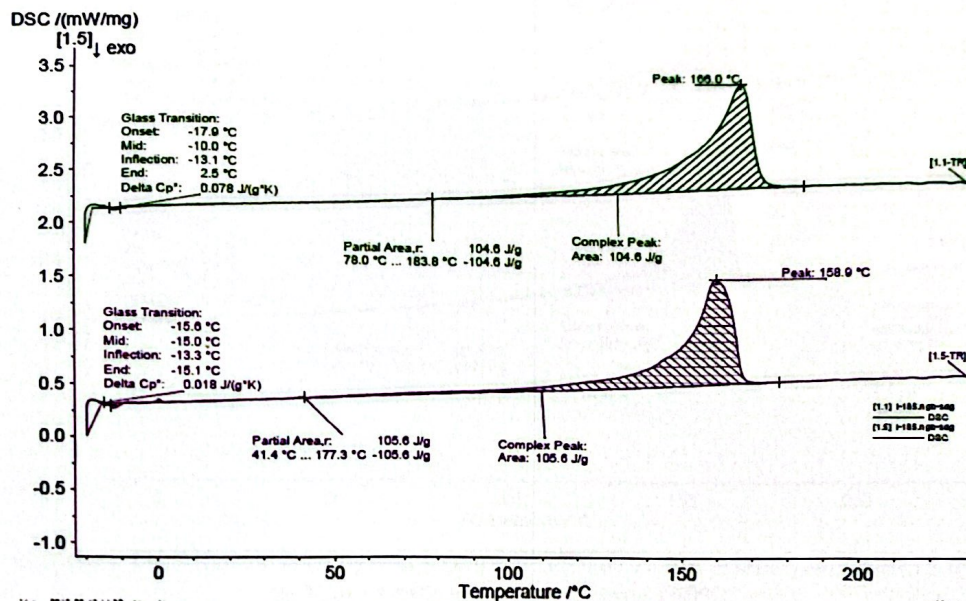
Pada Gambar IV.5 didapat hasil pengujian pada matriks polipropilena memiliki nilai T_g $-9,2^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $-8,9^\circ\text{C}$ pada *second heating*, Nilai T_m sebesar $167,2^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $163,1^\circ\text{C}$ pada *second heating*, dan nilai ΔH_m sebesar $100,1 \text{ J/g}$ pada *first heating* dan $108,9 \text{ J/g}$ pada *second heating*.



Gambar IV.5 Kurva Termogram Polipropilena

Pada Gambar IV.6 didapat hasil pengujian dengan persentase berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP pada matriks polipropilena memiliki

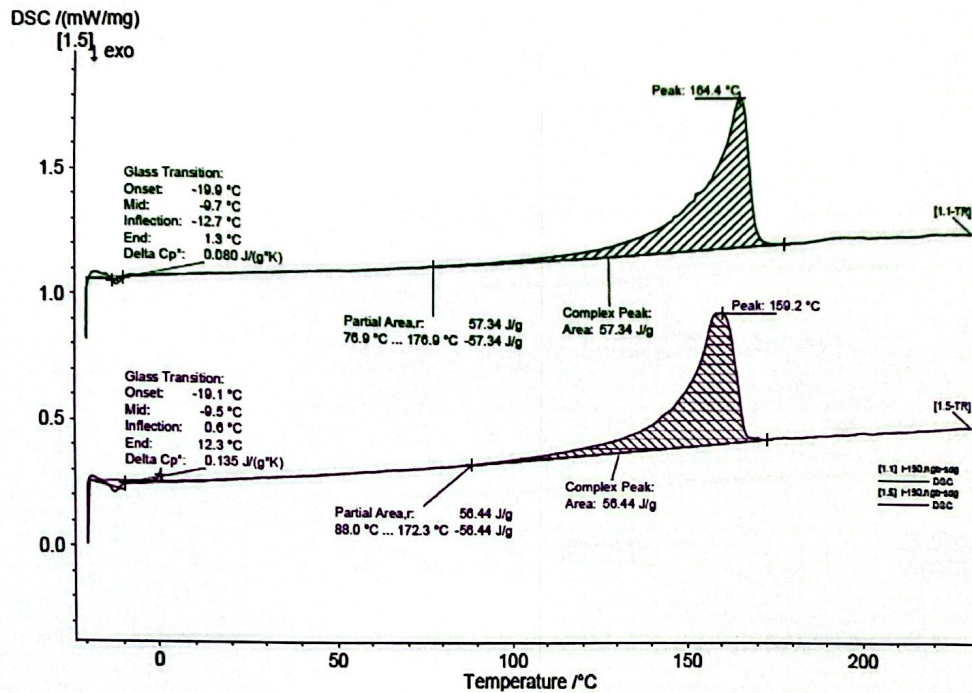
nilai T_g sebesar -10°C pada *first heating* dan -15°C pada *second heating*, nilai T_m sebesar $166,0^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $158,9^\circ\text{C}$ pada *second heating*, dan ΔH_m sebesar $104,6 \text{ J/g}$ pada *first heating* dan $105,6 \text{ J/g}$ pada *second heating*.



Gambar IV.6 Kurva Termogram Komposit 10%wt Zeolit Alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP pada Temperatur 185°C

Pada Gambar IV.5 dan Gambar IV.6 didapat dengan persentase berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP pada temperatur pencetakan 185°C tidak merubah nilai ΔH_m , T_m dan T_g secara signifikan. Pada persentase berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP pada matriks polipropilena menurunkan nilai T_g dari $-9,2^\circ\text{C}$ menjadi $-10,0^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $-8,9^\circ\text{C}$ berubah menjadi $-15,0^\circ\text{C}$ pada *second heating*. Nilai T_m menurun dari $167,2^\circ\text{C}$ menjadi $166,0^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $163,1^\circ\text{C}$ menjadi $158,9^\circ\text{C}$ pada *second heating*. ΔH_m juga meningkat dari $100,1 \text{ J/g}$ menjadi $104,6 \text{ J/g}$ pada *first heating* dan menurun dari $108,9 \text{ J/g}$ menjadi $105,6 \text{ J/g}$ pada *second heating*.

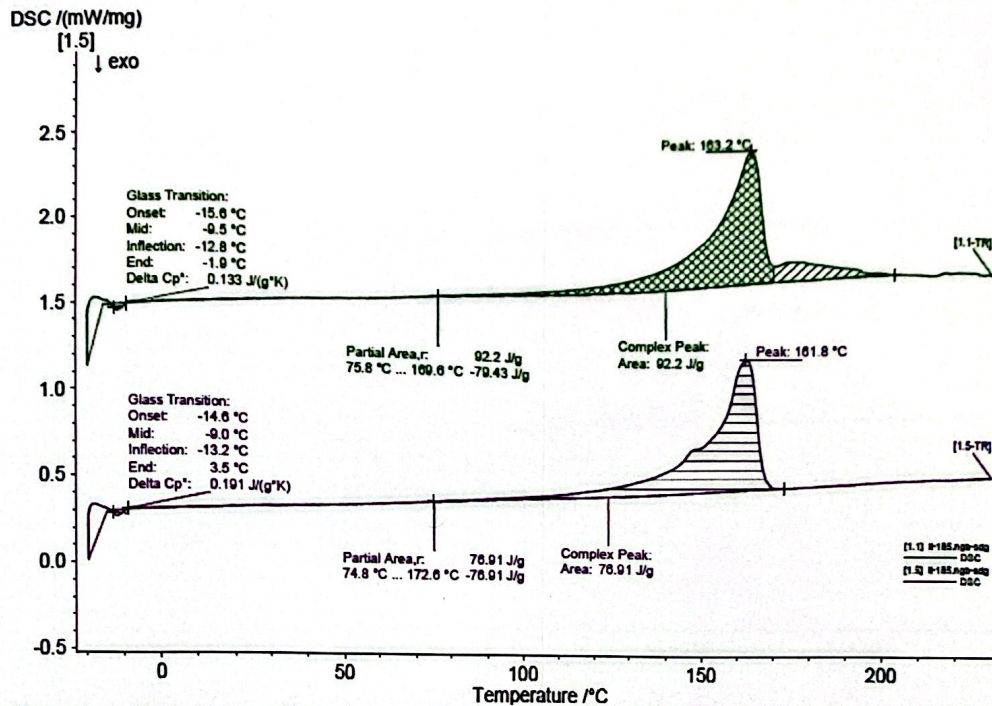
Pada Gambar IV.7 didapat hasil pengujian persentase berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP pada temperatur 190°C memiliki nilai T_g sebesar $-9,7^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $-9,5^\circ\text{C}$ pada *second heating*. Nilai T_m sebesar $164,4^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $159,2^\circ\text{C}$ pada *second heating*. Serta ΔH_m sebesar $57,34 \text{ J/g}$ pada *first heating* dan $56,44 \text{ J/g}$ pada *second heating*.



Gambar IV.7 Kurva Termogram Komposit 10%wt Zeolit Alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP pada Temperatur 190°C

Pada Gambar IV.5 dan Gambar IV.7 didapat dengan persentase berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP menurunkan nilai ΔH_m namun tidak merubah nilai T_m dan T_g secara signifikan. Penambahan 10 %wt zeolit dan 20 %wt MAPP pada matriks polipropilena merubah nilai T_g juga berubah dari -9,2°C menjadi -9,7°C pada *first heating* dan -8,9°C berubah menjadi -9,5°C pada *second heating*. Nilai T_m dari 167,2°C menjadi 164,4°C pada *first heating* dan 163,1°C menjadi 159,2°C pada *second heating*. ΔH_m juga berubah dari 100,1 J/g menjadi 57,34 J/g pada *first heating* dan 108,9 J/g berubah menjadi 56,44 J/g pada *second heating*.

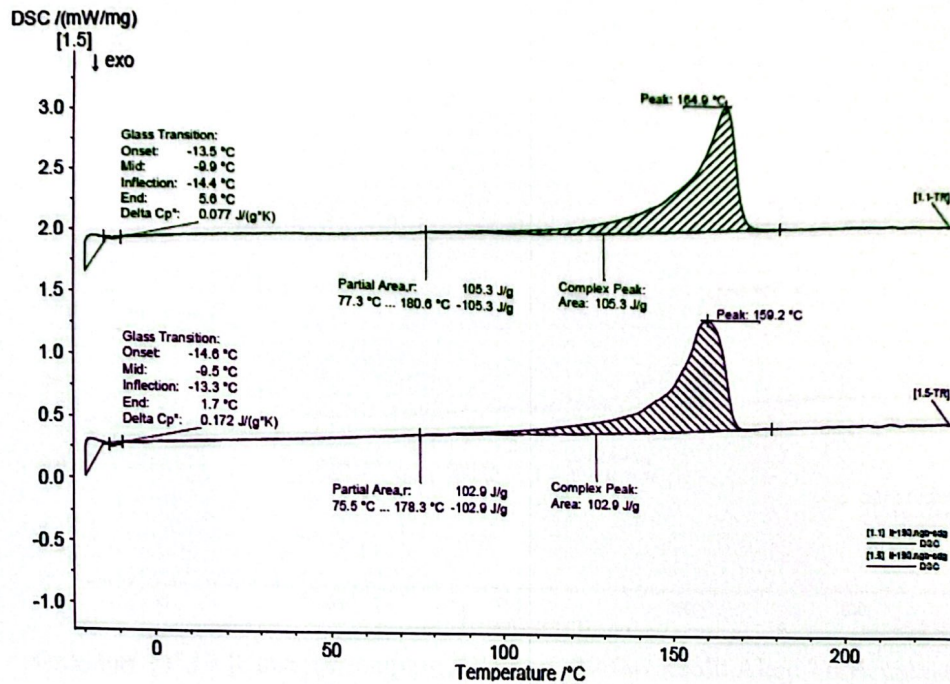
Pada Gambar IV.8 didapat hasil pengujian penambahan zeolit 10 %wt dan 30 %wt MAPP pada matriks polipropilena memiliki nilai T_g -9,5°C pada *first heating* dan -9,0°C pada *second heating*. Nilai T_m sebesar 163,2°C pada *first heating* dan 161,8°C pada *second heating*. Serta ΔH_m sebesar 92,2 J/g pada *first heating* dan 76,91 J/g pada *second heating*.



Gambar IV.8 Kurva Termogram Komposit 10%wt Zeolit Alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP pada Temperatur 185°C

Pada Gambar IV.5 dan Gambar IV.8 didapat dengan persentase berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP menurunkan nilai ΔH_m namun tidak merubah nilai T_m dan T_g secara signifikan. Penambahan 10 %wt zeolit pada matriks polipropilena merubah nilai T_g juga berubah dari $-9,2^\circ\text{C}$ menjadi $-9,5^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $-8,9^\circ\text{C}$ berubah menjadi $-9,0^\circ\text{C}$ pada *second heating*. Nilai T_m dari $167,2^\circ\text{C}$ menjadi $163,2^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $163,1^\circ\text{C}$ menjadi $161,8^\circ\text{C}$ pada *second heating*. ΔH_m juga berubah dari $100,1 \text{ J/g}$ menjadi $92,2 \text{ J/g}$ pada *first heating* dan $108,9 \text{ J/g}$ berubah menjadi $76,91 \text{ J/g}$ pada *second heating*.

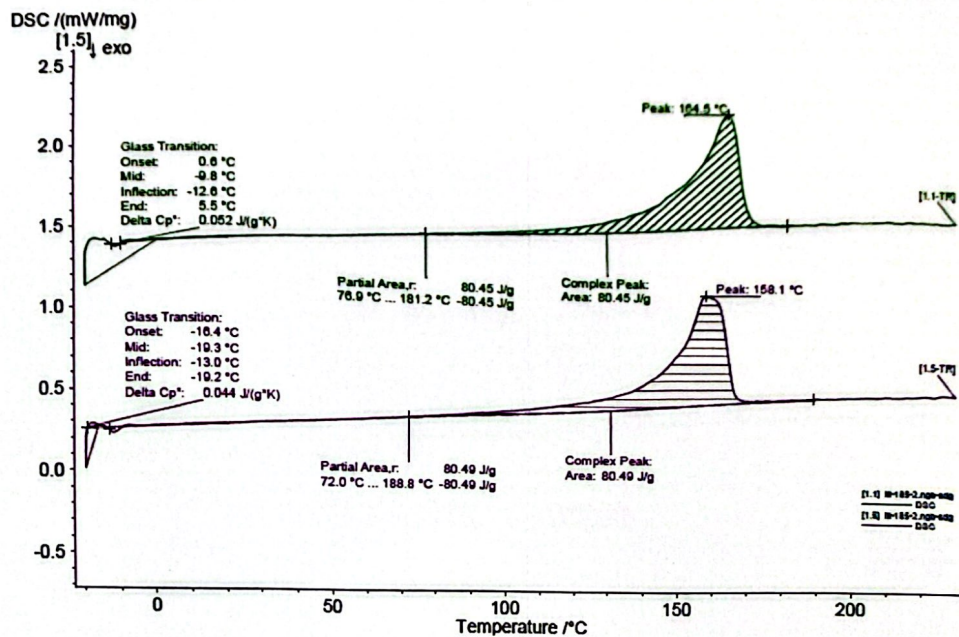
Pada Gambar IV.9 didapat hasil pengujian persentase berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP pada matriks polipropilena memiliki nilai T_g $-9,9^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $-9,5^\circ\text{C}$ pada *second heating*. Nilai T_m sebesar $164,9^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $159,2^\circ\text{C}$ pada *second heating*. Serta ΔH_m sebesar $105,3 \text{ J/g}$ pada *first heating* dan $102,9 \text{ J/g}$ pada *second heating*.



Gambar IV.9 Kurva Termogram Komposit 10%wt Zeolit Alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP pada Temperatur 190°C

Pada Gambar IV.5 dan Gambar IV.9 didapat dengan persentase berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP tidak merubah nilai ΔH_m , T_m , dan T_g secara signifikan. Persentase berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya pada matriks polipropilena merubah nilai T_g juga berubah dari $-9,2^\circ\text{C}$ menjadi $-9,9^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $-8,9^\circ\text{C}$ berubah menjadi $-9,5^\circ\text{C}$ pada *second heating*. Nilai T_m dari $167,2^\circ\text{C}$ menjadi $164,9^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $163,1^\circ\text{C}$ menjadi $159,2^\circ\text{C}$ pada *second heating*. ΔH_m juga berubah dari $100,1 \text{ J/g}$ menjadi $105,3 \text{ J/g}$ pada *first heating* dan $108,9 \text{ J/g}$ berubah menjadi $102,9 \text{ J/g}$ pada *second heating*.

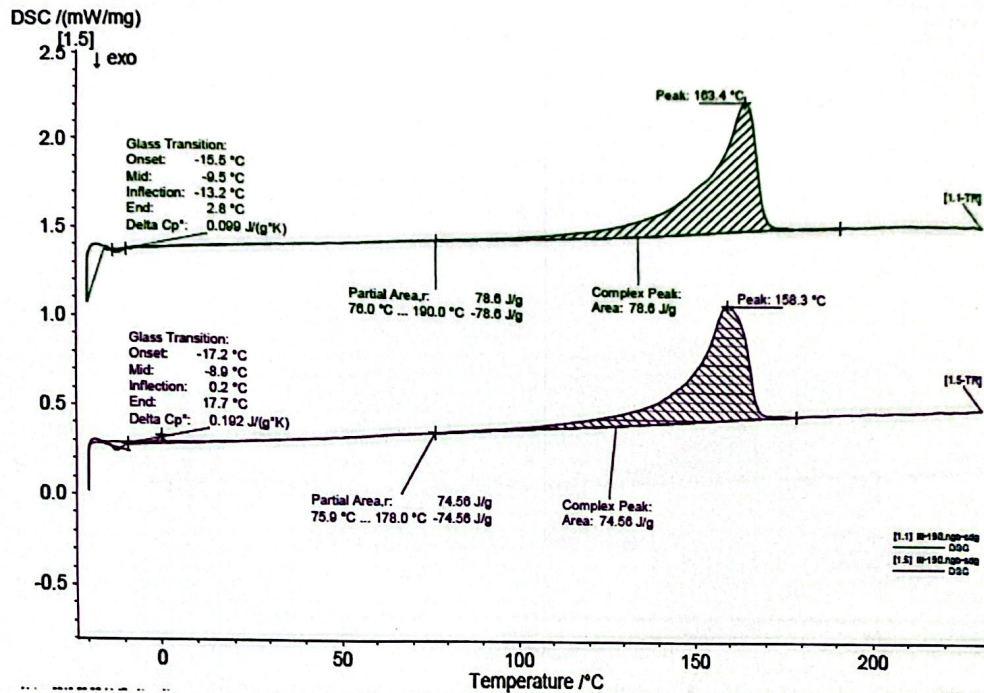
Pada Gambar IV.10 didapat hasil pengujian persentase berat 20%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP pada matriks polipropilena memiliki nilai T_g $-9,8^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $-19,3^\circ\text{C}$ pada *second heating*. Nilai T_m sebesar $164,5^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $158,1^\circ\text{C}$ pada *second heating*. Serta ΔH_m sebesar $8,45 \text{ J/g}$ pada *first heating* dan $8,49 \text{ J/g}$ pada *second heating*.



Gambar IV.10 Kurva Termogram Komposit 20%wt Zeolit Alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP pada Temperatur 185°C

Pada Gambar IV.5 dan Gambar IV.10 didapat dengan persentase berat 20%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP merubah nilai T_g pada *second heating*, dan tidak merubah nilai ΔH_m dan T_m secara signifikan. Penambahan 20 %wt zeolit dan 20 %wt MAPP pada matriks polipropilena merubah nilai T_g juga berubah dari -9,2°C menjadi -9,8°C pada *first heating* dan -8,9°C berubah menjadi -19,3°C pada *second heating*. Nilai T_m berubah dari 167,2°C menjadi 164,5°C dan 163,1°C menjadi 158,1°C pada *second heating*. ΔH_m juga berubah dari 100,1 J/g menjadi 80,45 J/g pada *first heating* dan 108,9 J/g berubah menjadi 80,49 J/g pada *second heating*.

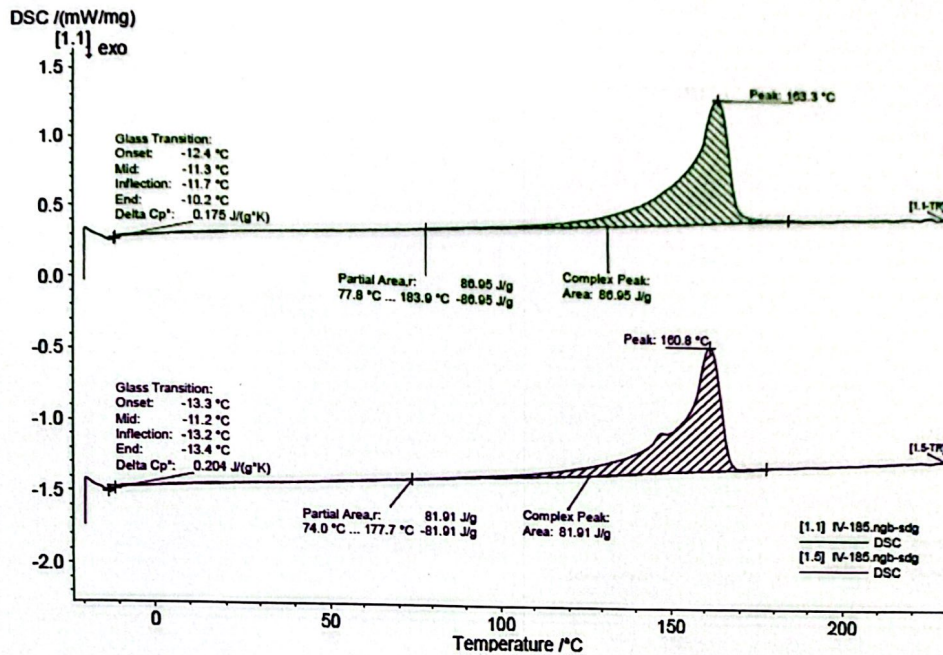
Pada Gambar IV.11 didapat hasil pengujian persentase berat 20%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP pada matriks polipropilena memiliki nilai T_g -9,5°C pada *first heating* dan -8,9°C pada *second heating*. Nilai T_m sebesar 163,4°C pada *first heating* dan 158,3°C pada *second heating*. Serta ΔH_m sebesar 78,6 J/g pada *first heating* dan 74,56 J/g pada *second heating*.



Gambar IV.11 Kurva Termogram Komposit 20%wt Zeolit Alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP pada Temperatur 190°C

Pada Gambar IV.5 dan Gambar IV.11 didapat dengan persentase berat 20%wt dan 20%wt MAPP dapat menurunkan nilai ΔH_m namun tidak merubah nilai T_m dan T_g secara signifikan. Persentase bera 10%wt zeolit alam Tasikmalaya pada matriks polipropilena merubah nilai T_g juga berubah dari $-9,2^\circ\text{C}$ menjadi $-9,5^\circ\text{C}$ pada *first heating*. Nilai T_m berubah dari $167,2^\circ\text{C}$ menjadi $163,4^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan berubah pada *second heating* $163,1^\circ\text{C}$ menjadi $158,3^\circ\text{C}$. ΔH_m juga berubah dari $100,1 \text{ J/g}$ menjadi $78,6 \text{ J/g}$ pada *first heating* dan $108,8 \text{ J/g}$ berubah menjadi $74,56 \text{ J/g}$ pada *second heating*.

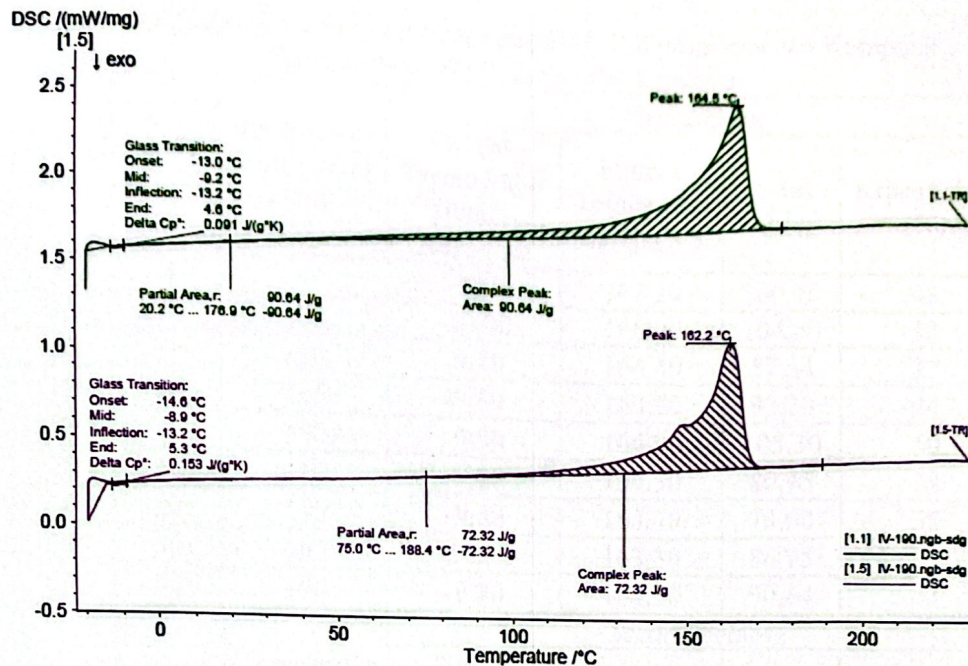
Pada Gambar IV.12 didapat hasil pengujian persentase berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya pada matriks polipropilena memiliki nilai T_g $-11,3^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $-11,2^\circ\text{C}$ pada *second heating*. Nilai T_m sebesar $163,3^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $160,8^\circ\text{C}$ pada *second heating*. Serta ΔH_m sebesar $86,95 \text{ J/g}$ pada *first heating* dan $81,91 \text{ J/g}$ pada *second heating*.



Gambar IV.12 Kurva Termogram Komposit 20%wt Zeolit Alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP pada Temperatur 185°C

Pada Gambar IV.5 dan Gambar IV.12 didapat dengan persentase berat 20%wt zeolit alam Tasikmalaya dapat menurunkan nilai ΔH_m namun tidak merubah nilai T_m dan T_g secara signifikan. Persentase berat 20 % zeolit alam Tasikmalaya pada matriks polipropilena merubah nilai T_g juga berubah dari $-9,2^\circ\text{C}$ menjadi $-11,3^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $-8,9^\circ\text{C}$ berubah menjadi $-11,2^\circ\text{C}$ pada *second heating*. Nilai T_m berubah dari $167,2^\circ\text{C}$ menjadi $-163,3^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan berubah pada *second heating* $163,1^\circ\text{C}$ menjadi $160,8^\circ\text{C}$. ΔH_m juga berubah dari $100,1 \text{ J/g}$ menjadi $86,95 \text{ J/g}$ pada *first heating* dan $80,49 \text{ J/g}$ berubah menjadi $81,91 \text{ J/g}$ pada *second heating*.

Pada Gambar IV.13 didapat hasil pengujian persentase berat 20 % zeolit alam Tasikmalaya pada matriks polipropilena memiliki nilai T_g $-9,2^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $-8,9^\circ\text{C}$ pada *second heating*. Nilai T_m sebesar $164,5^\circ\text{C}$ pada *first heating* dan $162,2^\circ\text{C}$ pada *second heating*. Serta ΔH_m sebesar $9,64 \text{ J/g}$ pada *first heating* dan $72,32 \text{ J/g}$ pada *second heating*.



Gambar IV.13 Kurva Termogram Komposit 20%wt Zeolit Alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP pada Temperatur 190°C

Pada Gambar IV.5 dan Gambar IV.13 didapat dengan persentase berat 20%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP dapat meningkatkan nilai ΔH_m namun tidak merubah nilai T_m secara signifikan. Persentase berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP pada matriks polipropilena merubah nilai T_m dari 167,2°C menjadi 163,4°C pada *first heating* dan berubah pada *second heating* 163,1°C menjadi 162,2°C. ΔH_m juga berubah dari 100,1 J/g menjadi 90,64 J/g pada *first heating* dan 108,9 J/g berubah menjadi 72,32 J/g pada *second heating*.

Untuk mendapatkan nilai derajat kristalisasi (X_c) dapat dihitung dengan membagikan ΔH_m hasil uji dengan ΔH_m^0 (Pehlivan, 2005).

$$X_c (\% \text{ kristalin}) = \frac{\Delta H_m}{\Delta H_m^0} \times 100\%$$

Keterangan :

X_c = derajat kristalisasi

ΔH_m = entalpi pelelehan sampel

ΔH_m^0 = entalpi pelelehan Polipropilena kristalisasi 100% = 209 J/g

Berdasarkan Gambar IV.6 hingga Gambar IV.13 kurva termogram komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya dirangkum pada tabel IV.2.

Tabel IV.5 Rangkuman Hasil Pengujian DSC Polipropilena dan Komposit Polipropilena/Zeolit Alam Tasikmalaya

Zeolit (%wt)	MAPP (%wt)	Temperatur Pencetakan (°C)	First Heating			
			Puncak Temperatur Transisi Kaca (°C)	Puncak Temperatur Leleh (°C)	ΔH_m (kJ/kg)	Kristalinitas (%)
0	0	-	-9,20	167,20	100,10	48
10	20	185	-10,00	166,00	104,60	50
10	20	190	-9,70	164,40	57,34	27
10	30	185	-9,50	163,20	92,20	44
10	30	190	-9,90	164,90	105,30	50
20	20	185	-9,80	164,50	80,45	38
20	20	190	-9,50	163,40	78,60	38
20	30	185	-11,30	163,30	86,95	39
20	30	190	-9,20	164,50	90,64	43
Zeolit (%wt)	MAPP (%wt)	Temperatur Pencetakan (°C)	Second heating			
			Puncak Temperatur Transisi Kaca (°C)	Puncak Temperatur Leleh (°C)	ΔH_m (kJ/kg)	Kristalinitas (%)
0	0	-	-8,90	163,10	108,90	52
10	20	185	-15,00	158,90	105,60	51
10	20	190	-9,50	159,20	56,44	27
10	30	185	-9,00	161,80	76,91	37
10	30	190	-9,50	159,20	102,90	49
20	20	185	-19,30	158,10	80,49	39
20	20	190	-8,90	158,30	74,56	36
20	30	185	-11,20	160,30	81,91	39
20	30	190	-8,30	162,20	72,32	35

Tabel IV.6 menunjukkan terjadi perubahan temperatur transisi kaca (T_g) dan kristalinitas (X_c) namun tidak terjadi perubahan yang signifikan terhadap temperatur leleh (T_m). Nilai tertinggi X_c dari komposit yaitu pada persentase berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP pada temperatur pencetakan 185°C, nilai T_m tertinggi dari komposit yaitu pada persentase berat 20%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP dengan temperatur pencetakan 185°C, dan nilai T_g tertinggi pada persentase berat 20%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 30%wt MAPP.

Dari Tabel tersebut menunjukkan pengaruh persentase berat zeolit alam Tasikmalaya dengan persentase berat 20%wt dan 30%wt MAPP pada temperatur

pencetakan 185°C dan 190°C. Penambahan zeolit alam Tasikmalaya pada komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya dengan temperatur pencetakan 185°C menunjukkan penurunan kristalinitas pada tiap variasi persentase berat MAPP/temperatur pencetakan dan mengalami kenaikan pada kristalinitas seiring bertambahnya zeolit pada persentase berat 20%wt MAPP dan temperatur pencetakan 190°C.

Penambahan zeolit dalam matriks polipropilena berperan sebagai *nucleating agent* karena mampu meningkatkan kristalinitas matriks polipropilena dari 28,5% menjadi 39% (Pehlivan, 2005). Meskipun peran zeolit alam dalam penelitian ini berbeda tapi nilai kristalinitas maksimum komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya berada dinilai 49-50% pada penambahan berat 10%wt zeolit alam Tasikmalaya dan 20%wt MAPP. Penurunan seiring pertambahan persentase berat zeolit ini terjadi karena zeolit yang terkonsentrasi pada bagian-bagian tertentu yang menyebabkan proses pembentuk struktur kristal terganggu. Akibat menurunnya kristalinitas pada matriks polipropilena nilai kuat tarik dari komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya menjadi lebih rendah daripada nilai kuat tarik polipropilena.

Perubahan temperatur leleh (T_m) terjadi seiring penambahan zeolit alam Tasikmalaya dalam komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya pada temperatur pencetakan 185°C dan 190°C. Penurunan temperatur leleh pada komposit dengan persentase berat 20%wt MAPP terjadi seiring penambahan zeolit alam Tasikmalaya dan tidak terjadi perubahan temperatur leleh yang signifikan pada komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya dengan persentase berat 30%wt MAPP pada temperatur pencetakan 185°C. Penurunan nilai temperatur leleh komposit menunjukkan menurunnya performa komposit dalam menerima panas sehingga komposit mudah meleleh dalam temperatur yang lebih tinggi sedangkan peningkatan temperatur leleh menunjukkan performa komposit yang lebih baik dalam penggunaan komposit dengan temperatur yang lebih tinggi. Nilai temperatur leleh komposit yang lebih rendah dibandingkan polipropilena menunjukkan performa komposit tidak lebih baik dari polipropilena dalam penggunaan komposit ditemperatur yang lebih tinggi.

Perubahan temperatur transisi kaca seiring bertambahnya persentase zeolit alam Tasikmalaya terjadi pada kedua variasi temperatur pencetakan. Penurunan temperatur transisi kaca seiring penambahan zeolit alam Tasikmalaya terjadi pada komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya dengan persentase berat 20%wt dan 30%wt MAPP pada temperatur 185°C. Peningkatan temperatur transisi kaca seiring penambahan zeolit alam Tasikmalaya terjadi pada persentase berat 20%wt dan 30%wt MAPP pada temperatur 190°C. Hal ini menunjukkan pada temperatur pencetakan 190°C adalah kondisi yang lebih optimal untuk meningkatkan kuat tarik dan sifat termal komposit.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil pengujian dan analisis data dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. persentase berat zeolit alam Tasikmalaya pada temperatur pencetakan 185°C dan 190°C di *manual forming* memberikan pengaruh terhadap kuat tarik komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya. Kuat tarik komposit polipropilena/zeolit alam tasikmalaya menurun seiring dengan meningkatnya persentase berat zeolit dalam matriks polipropilena. Sedangkan kuat tarik komposit polipropilena/zeolit meningkat seiring dengan peningkatan persentase berat MAPP dan temperatur pencetakan.
2. karakteristik gugus fungsi komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya menunjukkan adanya gugus CH_3 *stretching*, CH_3 *bending*, , H-O-H, C=C, Si-O-C dan Si-H.
3. pengaruh persentase berat zeolit alam Tasikmalaya dalam komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya pada temperatur pencetakan 185°C dan 190°C dapat menurunkan nilai kristalinitas, T_g , dan T_m .

5.2 Saran

Dari pelaksanaan penelitian yang telah dilakukan, penulis akan menyarankan terkait pelaksanaan penelitian agar hasil penelitian kedepannya lebih baik lagi, diantaranya:

1. menggunakan metode pencampuran dan persiapan zeolit yang lebih baik,
2. perlu dilakukan identifikasi kandungan pada zeolit alam Tasikmalaya,
3. perlu dilakukan variasi MAPP lebih banyak untuk mengetahui nilai optimum penggunaan MAPP pada komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya.

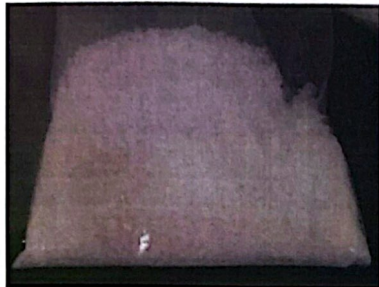
DAFTAR PUSTAKA

- Altenbach, H., Altenbach, J., & Kissing, W. (2004). *Mechanics of Composites Structural Elements*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Baker, A. M. (2004). Thermoplastics. Dalam *Handbook of Plastics, Elastomer, & Composites* (hal. 5-6). The McGraw-Hill Companies.
- Demir, H., Balkose, & Ulku, S. (2006). Influence of Surface Modification of Fillers and Polymer on Flammability and Tensile Behaviour of Polypropylene-Composites. *Polymer Degradation and Stability*, 91, 1079-1085.
- Ghani, M. H., Salleh, M. N., Chen, R. S., Ahmad, S., Hamid, M. R., Hanafi, I., & Royan, N. R. (t.thn.).
- Gregorova, A. (2013). Application of Differential Scanning Calorimetry to The Characterization of Biopolymers.
- Jha, B., & Singh, D. N. (2016). *Fly Ash Zeolites Innovations, Applications, and Directions*. Mumbai: Springer.
- Jun, B. J., & Juwono, A. L. (2010). Studi Perbandingan Sifat Mekanik Polypropylene Murni. *MAKARA, SAINS*, 14(1), 95-100.
- Kirk, R. E., Othmer, D. F., Martin, G., & Eckroth, D. (2004). *Encyclopedia of Chemical Technology*. (Kirt-Othmer, Penyunt.) New York: John Wiley & Sons Inc.
- Kissel, W. J., Han, J. H., & Meyer, J. A. (1999). *Polypropylene: Structure, Properties, Manufacturing Proses, and applications*. New York: Marcel Dekker.
- Klarova, M. (2015). *Composite Materials*. Ostrava: VSB-Technical University of Ostrava.
- Kusdarto. (2008). Potensi Zeolit di Indonesia. *JURNAL ZEOLIT INDONESIA*, 7(2), 78-87.

- Lv, Z., Wang, K., Qiao, Z., & Wang, W. (2010). The Influence of Modified Zeolites as Nucleating Agents on Crystallization Behavior and Mechanical Properties of Polypropylene. *Materials and Design*, 32, 3804-3809.
- Metin, D., & Tihminliog, F. (2004). The Effect of Interfacial Interactions on The Mechanical Properties of Polypropylene/Natural Zeolite Composites. *Composites: Part A*, 35, 23-32.
- Mittal, P., Naresh, S., & Luthra, P. (2018). Polypropylene Composites Reinforced with Hybrid Inorganic Fillers: Morphological, Mechanical, and Rheological Properties. *Journal of Thermoplastic Composite*, 1-17.
- Moshoeshoe, M., Nadiye-Tabbiruka, S., S., & Obuseng, V. (2017). A Review of the Chemistry, Structure, Properties and Applications of Zeolites. *American Journal of Materials Science*, 196-221.
- Ozmihci, & Balkose. (2001). Natural Zeolite Polypropylene Composite Film Preparation and Characterization. *Journal of Applied Polymer Science*, 82, 2913-2921.
- Payra, P., & Dutta, P. K. (2003). *Zeolote: A Primer*. Ohio: Marcel Dekker, Inc.
- Pehlivan, B. U. (2005). Characterization of Pure and Silver Exchanged Natural Zeolite Filled Polypropylene Composite Film. *Composite Science and Tecnology*, 65, 2049-2058.
- Pervaiz, M., Panthapulakkal, KC, B., & Sain. (2016). Emerging Trends in Automotive Lightweighting through Novel Composite Materials. *Material Sciences and Applications*, 7, 26-38.
- Rzayev, Z. M. (2011). Graft Copolymers of Maleic Anhydride and Its Isostructural Analogues. *International Review of Chemical Engineering*, 3, 153-215.
- Stuart, B. (2004). *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Wang, N., Zhang, J., Fang, Q., & Hui, D. (2013). Influence of mesoporous fillers with PP-g-MA on flammability and tensile behavior of polypropylene composites. *Composites: Part B*, 44, 467-471.

- Widiastuti, N., Wu, H., Ang, H. M., & Zhang, D. (2001). Removal of ammonium from greywater using natural zeolite. *277*, 15-23.
- Yao, Z., Xia, L., & Ge, M. (2014). Mechanical and Thermal Properties of Polypropylene (PP) Composites Filled. *Fibers and Polymers*, *15*(6), 1278-1287.
- Younesi, M., & Bahrololoom. (2009). Effect of temperature and pressure of hot pressing on the mechanical properties of PP-HA bio-composites. *Materials and Design*, *30*, 3482-3488.
- Zaharri, N., & Othman, N. (2010). Optimization of Zeolit as Filler in Polypropylene Composite. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, *29*(14), 2211-2226.

LAMPIRAN A
GAMBAR BAHAN



Polipropilena



Zeolit



**Maleic anhydride polypropylene
(MAPP)**



Irganox

LAMPIRAN B
GAMBAR ALAT PREPARASI ZEOLIT



Timbangan Digital

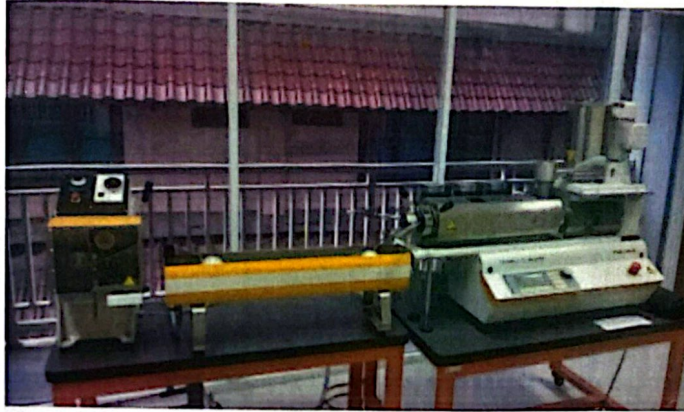


Oven



Ayakan elektrik

LAMPIRAN C
GAMBAR ALAM PEMBUATAN PELET

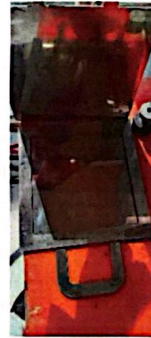


compounder

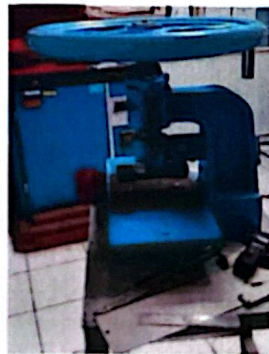
LAMPIRAN D
GAMBAR ALAT PENCETAKAN LEMBARAN KOMPOSIT
DAN POLIPROPILENA



Manual Forming Machine



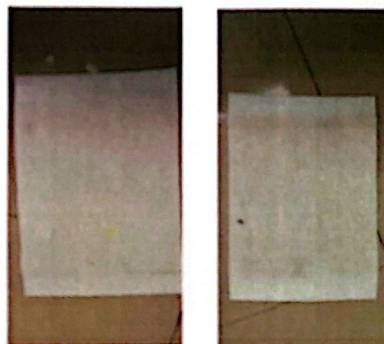
Cetakan lembaran komposit



Spesimen Punch



Cetakan Lembaran Komposit



Lembaran Teflon

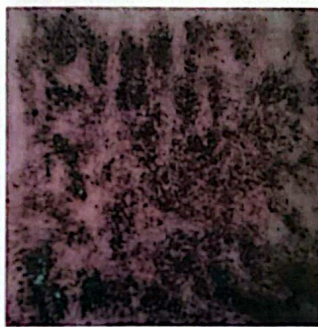
LAMPIRAN E
GAMBAR LEMBARAN POLIPROPILENA DAN KOMPOSIT
POLIPROPILENA/ZEOLIT ALAM TASIKMALAYA



Lembaran polipropilena pada 185°C



Lembaran polipropilena pada 190°C



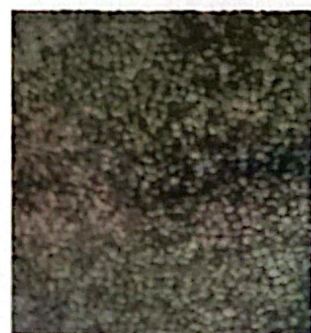
Lembaran Komposit Polipropilena
Zeolit 10%wt MAPP 20%wt 185°C



Lembaran Komposit Polipropilena
Zeolit 10%wt MAPP 20%wt 190°C



Lembaran Komposit Polipropilena
Zeolit 10%wt MAPP 30%wt 185°C



Lembaran Komposit Polipropilena
Zeolit 10%wt MAPP 30%wt 190°C



Lembaran Komposit Polipropilena
Zeolit 20%wt MAPP 20%wt 185°C



Lembaran Komposit Polipropilena
Zeolit 20%wt MAPP 20%wt 190°C



Lembaran Komposit Polipropilena
Zeolit 20%wt MAPP 30%wt 185°C

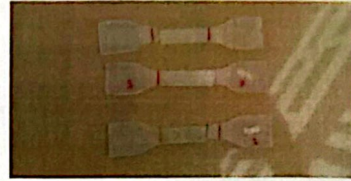


Lembaran Komposit Polipropilena
Zeolit 20%wt MAPP 30%wt 190°C

LAMPIRAN F
GAMBAR SAMPEL UJI TARIK



Sampel Polipropilena Pada 185°C



Sampel Polipropilena Pada 190°C



Sampel Komposit Polipropilena Zeolit
10 %wt MAPP 20 %wt 185°C



Sampel Komposit Polipropilena Zeolit
10 %wt MAPP 20 %wt 190°C



Sampel Komposit Polipropilena Zeolit
10 %wt MAPP 30 %wt 185°C



Sampel Komposit Polipropilena Zeolit
10 %wt MAPP 30 %wt 190°C



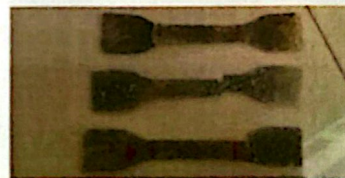
Sampel Komposit Polipropilena Zeolit
20 %wt MAPP 20 %wt 185°C



Sampel Komposit Polipropilena Zeolit
20 %wt MAPP 20 %wt 190°C



Sampel Komposit Polipropilena Zeolit
20 %wt MAPP 30 %wt 185°C



Sampel Komposit Polipropilena Zeolit
20 %wt MAPP 30 %wt 190°C

LAMPIRAN G PERHITUNGAN

Penimbangan bahan yang dibutuhkan untuk membuat kompon polipropilena/MAPP/Irganox.

Basis : 1. Berat komposit yang dihasilkan adalah 75 gram

2. *Overdesign* 120%wt

3. Kompon yang dihasilkan akan digunakan untuk membuat 2 komposit

Contoh perhitungan bahan untuk kompon A

Polipropilena = (70% berat komposit+12%(70% berat komposit)) x2

$$= (45 \text{ gram} + 12\% \times (45) \text{ gram}) \times 2 = 100,8 \text{ gram}$$

MAPP = (20%wt berat kompositx+12%(20%wt berat kompositx))x2

$$= (15 \text{ gram} + 12\% \times (15) \text{ gram}) \times 2 = 33,6 \text{ gram}$$

Irganox 1010 = (0,52% berat MAPP+12%(20%wt berat kompositx))x2

$$= (0,156 \text{ gram} + 12\% \times (0,156) \text{ gram}) \times 2 = 0,3494 \text{ gram}$$

Total = 134,7494 gram

Berikut adalah tabel hasil perhitungan bahan untuk setiap kompon

Bahan	Kompon A	Kompon B	Kompon C	Kompon D
Polipropilena (gram)	100,8000	84,0000	84,0000	67,2000
MAPP (gram)	33,6000	50,4000	33,6000	50,4
Irganox (gram)	0,3494	0,5242	0,3494	0,5242
Total (gram)	134,7494	134,9242	117,9454	118,1242

Penimbangan bahan yang dibutuhkan untuk membuat lembaran komposit polipropilena zeolit alam Tasikmalaya dilakukan dengan basis berat komposit yang dibuat adalah 75 gram.

Komposit I, II, III dan IV

Zeolit alam tasikmalaya = 10%wt berat komposit = 7,5 gram

Kompon A atau B = 90% berat komposit = 67,5 gram

Komposit I, II, III dan IV

Zeolit alam tasikmalaya = 20%wt berat komposit = 15 gram

Kompon C atau D = 80% berat komposit = 60 gram

Berikut adalah tabel hasil perhitungan bahan untuk membuat setiap komposit

Bahan	Komposit 1	Komposit 2	Komposit 3	Komposit 4
Zeolit Alam Tasikmalaya (gram)	7,5			
Kompon (gram)	(A) 67,5		(B) 67,5	
Bahan	Komposit 5	Komposit 6	Komposit 7	Komposit 8
Zeolit Alam Tasikmalaya (gram)	15			
Kompon (gram)	(C) 60		(D) 60	

Menghitung kristalinitas polipropilena dan komposit polipropilena/zeolit alam Tasikmalaya.

$$X_c (\% \text{ kristalin}) = \frac{\Delta H_m}{\Delta H_m^*} \times 100\%$$

Keterangan :

X_c = derajat kristalisasi

ΔH_m = entalpi pelelehan sampel

ΔH_m^* = entalpi pelelehan Polipropilena kristalisasi 100% = 209 J/g

Contoh perhitungan:

- PP

$$X_c (\% \text{ kristalin}) = \frac{108,9 \text{ J/g}}{209 \text{ J/g}} \times 100\% = 52 \%$$

- ZT/MAPP 10/20 185°C

$$X_c (\% \text{ kristalin}) = \frac{105,6 \text{ J/g}}{209 \text{ J/g}} \times 100\% = 51 \%$$

Sampel	Kristalinitas (%)	
	First Heating	Second Heating
Polipropilena	48	52
Komposit 1	50	51
Komposit 2	27	27
Komposit 3	44	37
Komposit 4	50	49
Komposit 5	38	39
Komposit 6	38	36
Komposit 7	39	39
Komposit 8	43	35