

**SIFAT TERMAL DAN MEKANIS KOMPOSIT
POLIPROPILENA DENGAN PENAMBAHAN KALSIMUM
KARBONAT (CaCO₃) SERTA *MASTERBATCH BLACK*
MENGUNAKAN *INJECTION MOLDING***

**DI POLITEKNIK STMI JAKARTA
(Oktober 2019 – Juli 2020)**

TUGAS AKHIR

Oleh
**HARYATI YUDI
NIM : 1516027**



DATA BUKU PERPUSTAKAAN

Tgl Terima	07/10/22
No Induk Buku	877/TKP/SB/TA/22

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
2020**

SUMBANGAN ALUMNI

**SIFAT TERMAL DAN MEKANIS KOMPOSIT
POLIPROPILENA DENGAN PENAMBAHAN KALSIMUM
KARBONAT (CaCO₃) SERTA *MASTERBATCH BLACK*
MENGUNAKAN *INJECTION MOLDING***

**DI POLITEKNIK STMI JAKARTA
(Oktober 2019 – Juli 2020)**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Bidang Teknik dari
Politeknik STMI Jakarta**

**Oleh
HARYATI YUDI
NIM : 1516027**



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
2020**

ABSTRAK

SIFAT TERMAL DAN MEKANIS KOMPOSIT POLIPROPILENA DENGAN PENAMBAHAN KALSIMUM KARBONAT (CaCO_3) SERTA *MASTERBATCH BLACK* MENGUNAKAN *INJECTION MOLDING*

DI POLITEKNIK STMI JAKARTA

Oleh

Haryati Yudi

NIM: 1516027

(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Penggunaan komposit polimer kini telah dikembangkan secara luas, terutama dalam bidang industri otomotif. Penambahan *filler* memiliki potensi dan sifat yang baik untuk memperbaiki sifat dari polipropilena dan mengurangi biaya penggunaan bahan. *Masterbatch black* digunakan untuk memberikan warna hitam pada komposit polipropilena. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat termal dan mekanis pada komposit polipropilena dengan penambahan kalsium karbonat (CaCO_3) dan *masterbatch black*. Variasi CaCO_3 yang ditambahkan pada komposit polipropilena adalah 0%, 10%, 20% dan 30% dari berat komposit polipropilena. *Masterbatch black* yang digunakan sebanyak 0% dan 4%. Metode yang digunakan untuk pembuatan komposit polipropilena adalah menggunakan mesin *injection molding* dengan temperatur *nozzle* sebesar 210°C dan tekanan sebesar 55 MPa. Pengujian yang digunakan adalah *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) untuk menguji sifat termal dan *Universal Testing Machine* (UTM) untuk menguji sifat mekanis komposit polipropilena. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sifat termal dengan penambahan CaCO_3 dan *masterbatch black* pada komposit polipropilena menimbulkan peningkatan temperatur kristalisasi (T_c) dan temperatur leleh (T_m), serta cenderung mengalami penurunan pada entalpi pelelehan (ΔH_m) dan derajat kristalinitas (X_c). Didapatkan hasil dari sifat mekanis yaitu seiring bertambahnya CaCO_3 dan *masterbatch black* pada komposit polipropilena akan menimbulkan penurunan kuat tarik dan *elongation at break* serta peningkatan modulus elastisitas.

Kata kunci: polipropilena, CaCO_3 , *masterbatch black*, sifat termal, sifat mekanis.

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**SIFAT TERMAL DAN MEKANIS KOMPOSIT
POLIPROPILENA DENGAN PENAMBAHAN KALSIMUM
KARBONAT (CaCO_3) SERTA *MASTERBATCH BLACK*
MENGUNAKAN *INJECTION MOLDING***

DI POLITEKNIK STMI JAKARTA

Haryati Yudi
NIM: 1516027
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Juli 2020

Dosen Pembimbing 1



Fitria Ika Arvanti, S.T., M.Eng
NIP. 198505112014022001

Dosen Pembimbing 2



Andi Rusnaenah, S.T., M.T., M.Si
NIP. 197407192011012001

Menyetujui,
Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Fitria Ika Arvanti, S.T., M.Eng
NIP. 198505112014022001

**HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS
AKHIR**

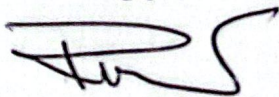
**SIFAT TERMAL DAN MEKANIS KOMPOSIT
POLIPROPILENA DENGAN PENAMBAHAN KALSIMUM
KARBONAT (CaCO_3) SERTA *MASTERBATCH BLACK*
MENGUNAKAN *INJECTION MOLDING***

Haryati Yudi
NIM: 1516027
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

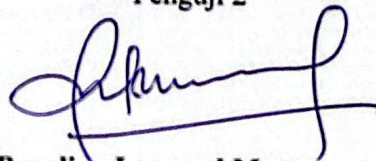
Jakarta, Juli 2020

Penguji 1



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng
NIP. 195609101984032002

Penguji 2



Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM
NIP. 195702141985031002

Dosen Pembimbing 1



Fitria Ika Arvanti, S.T., M.Eng
NIP. 198505112014022001

Dosen Pembimbing 2



Andi Rusnaenah, S.T., M.T., M.Si
NIP. 197407192011012001

**HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS
AKHIR**

**SIFAT TERMAL DAN MEKANIS KOMPOSIT
POLIPROPILENA DENGAN PENAMBAHAN KALSIUM
KARBONAT (CaCO₃) SERTA *MASTERBATCH BLACK*
MENGUNAKAN *INJECTION MOLDING***

Haryati Yudi
NIM: 1516027
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

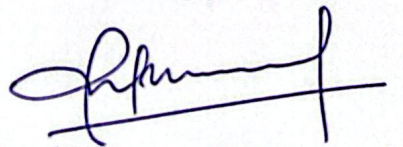
Jakarta, Agustus 2020

Penguji 1



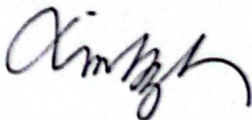
Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng
NIP. 195609101984032002

Penguji 2



Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM
NIP. 195702141985031002

Penguji 3



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

Dosen Pembimbing 1



Fitria Ika Arvanti, S.T., M.Eng
NIP. 198505112014022001

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

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

Nama : Haryati Yudi
NIM : 1516027
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang saya buat dengan judul Sifat Termal dan Mekanis Komposit Polipropilena dengan Penambahan Kalsium Karbonat (CaCO_3) serta *Masterbatch Black* Menggunakan *Injection Molding*.

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada 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 tugas akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang diatas, maka tugas akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, Juli 2020



Haryati Yudi

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Kuasa atas segala karunia serta ridho-Nya, sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Penulisan laporan tugas akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan laporan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Mustofa, S.T., M.T selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
2. Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta dan Dosen Pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu, pikiran serta tenaga untuk membimbing saya sampai terselesaikannya laporan tugas akhir ini.
3. Andi Rusnaenah, S.T., M.T., M.Si selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah meluangkan waktu, pikiran dan tenaga untuk membimbing saya sampai terselesaikannya laporan tugas akhir ini.
4. Ella Melyna, S.T., M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
5. Syaiful Ahsan, S.T., M.T selaku Kepala Laboratorium Teknik Kimia Polimer.
6. Ida Nur Apriani, S.ST., M.Si selaku laboran Laboratorium Instrumentasi Teknik Kimia Polimer.
7. Dahrul, Said Afrimana dan Samsudin selaku laboran Workshop Polimer dan Laboratorium Polimer Teknik Kimia Polimer.
8. Orang tua serta keluarga yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral, juga sahabat yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
9. Seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Polimer angkatan 2016 yang telah memberikan masukan serta dukungan dalam proses penyusunan laporan tugas akhir.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan tugas akhir ini terdapat adanya kekurangan. Sehingga penulis sangat terbuka terhadap saran dan kritik yang bersifat membangun dari berbagai pihak. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk banyak orang.

Jakarta, Juli 2020
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xiii
Bab I Pendahuluan	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Batasan Masalah	3
I.4 Tujuan	3
I.5 Manfaat	3
Bab II Tinjauan Pustaka	4
II.1 Komposit	4
II.2 Polipropilena	6
II.3 Zat Aditif.....	9
II.4 <i>Injection Molding</i>	12
II.5 Pengujian Komposit Polipropilena.....	18
II.5.1 Pengujian Sifat Termal Komposit Polipropilena	18
II.5.2 Pengujian Sifat Mekanis Komposit Polipropilena	20
Bab III Metode Penelitian	23
III.1 Waktu dan Tempat.....	23
III.2 Alat dan Bahan.....	23
III.2.1 Alat.....	23
III.2.2 Bahan	23
III.3 Variabel.....	23
III.3.1 Variabel Tetap.....	24
III.3.2 Variabel Berubah	24
III.4 Prosedur	24
III.4.1 Persiapan Bahan.....	26
III.4.2 Percobaan Pendahuluan Pada <i>Injection Molding</i>	26
III.4.3 Pembuatan Produk Komposit Polipropilena.....	26
III.4.4 Pembuatan Lembaran Komposit.....	27
III.4.5 Pembuatan Spesimen	28
III.4.6 Pengujian Sifat Termal	28
III.4.7 Pengujian Sifat Mekanis	29

III.4.8 Pengujian Pada Produk <i>Cover Tail</i> AHM.....	30
Bab IV Hasil dan Pembahasan.....	31
IV.1 Sifat Termal Komposit Polipropilena dengan Penambahan CaCO ₃ serta <i>Masterbatch Black</i> Terhadap Temperatur Kristalisasi, Temperatur Leleh, Entalpi Pelelehan, dan Kristalinitas	31
IV.2 Sifat Mekanis Komposit Polipropilena dengan Penambahan CaCO ₃ serta <i>Masterbatch Black</i> Terhadap Kuat Tarik, <i>Elongation at Break</i> dan Modulus Elastisitas.....	39
Bab V Penutup	46
V.1 Kesimpulan	46
V.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Lembar Bimbingan Tugas Akhir	50
Lampiran B	Lembar Surat Tugas Dosen Pembimbing Tugas Akhir	52
Lampiran C	Gambar Alat.....	54
Lampiran D	Gambar Bahan	57
Lampiran E	<i>Technical Data Sheet</i> Bahan	57
Lampiran F	Perhitungan Kadar Air pada CaCO_3	61
Lampiran G	Variasi Tekanan Injeksi pada <i>Injection Molding</i>	62
Lampiran H	Gambar Produk Komposit Polipropilena	64
Lampiran I	Perhitungan Pada Pengujian Termal	65
Lampiran J	Gambar Lembaran Komposit.....	66
Lampiran K	Gambar Spesimen Uji Mekanis	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Komposit partikel	5
Gambar II.2	Struktur kimia polipropilena.....	6
Gambar II.3	Konfigurasi polipropilena.....	8
Gambar II.4	Struktur kimia dari kalsium karbonat (CaCO_3).....	9
Gambar II.5	Bagian mesin <i>injection molding</i>	15
Gambar II.6	Termogram kurva DSC	19
Gambar II.7	Bentuk spesimen tipe IV	20
Gambar II.8	Kurva tegangan dan regangan	21
Gambar III.1	Diagram alir penelitian.....	25
Gambar IV.1	Termogram DSC polipropilena.....	31
Gambar IV.2	Termogram DSC komposit polipropilena 86%wt, CaCO_3 10%wt, dan 4%wt <i>masterbatch black</i>	32
Gambar IV.3	Termogram DSC komposit polipropilena 76%wt, CaCO_3 20%wt, dan 4%wt <i>masterbatch black</i>	32
Gambar IV.4	Termogram DSC komposit polipropilena 66%wt, CaCO_3 30%wt, dan 4%wt <i>masterbatch black</i>	33
Gambar IV.5	Termogram DSC produk <i>cover tail</i> AHM	34
Gambar IV.6	Pengaruh penambahan CaCO_3 terhadap temperatur kristalisasi komposit polipropilena	35
Gambar IV.7	Pengaruh penambahan CaCO_3 terhadap temperatur leleh komposit polipropilena	36
Gambar IV.8	Pengaruh penambahan CaCO_3 terhadap entalpi pelelehan komposit polipropilena	37
Gambar IV.9	Pengaruh penambahan CaCO_3 terhadap derajat kristalinitas komposit polipropilena	38
Gambar IV.10	Pengaruh penambahan CaCO_3 terhadap kuat tarik pada komposit polipropilena	40
Gambar IV.11	Pengaruh penambahan CaCO_3 terhadap <i>elongation at break</i> pada komposit polipropilena	42
Gambar IV.12	Pengaruh penambahan CaCO_3 terhadap modulus elastisitas pada komposit polipropilena	44

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Sifat fisika dan kimia dari polipropilena	7
Tabel II.2	Sifat kalsium karbonat (CaCO ₃).....	10
Tabel II.3	Keterangan bagian dari spesimen.....	21
Tabel III.1	Variasi penelitian	24
Tabel IV.1	Rangkuman hasil pengujian termal menggunakan DSC pada komposit polipropilena dan produk <i>cover tail</i> AHM.....	35
Tabel IV.2	Nilai kuat tarik dari komposit polipropilena dan <i>cover tail</i> AHM ..	39
Tabel IV.3	Nilai <i>elongation at break</i> dari komposit polipropilena dan <i>cover tail</i> AHM	42
Tabel IV.4	Nilai modulus elastisitas dari komposit polipropilena dan <i>cover tail</i> AHM	43

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
ABS	<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>	9
AHM	Astra Honda Motor	30
ASTM	<i>American Standard Testing and Material</i>	20
CMC	<i>Ceramic Matrix Composites</i>	4
DSC	<i>Differential Scanning Calorimetry</i>	1
HPP	<i>Homopolymer Polypropylene</i>	6
ICP	<i>Impact Copolymer</i>	7
MMC	<i>Metal Matrix Composites</i>	4
PMC	<i>Polymer Matrix Composites</i>	4
RCP	<i>Random Copolymer</i>	7
UTM	<i>Universal Testing Machine</i>	2

LAMBANG	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
α	fraksi massa CaCO_3 dan MB <i>black</i>	20
ΔH_m	Entalpi pelelehan	18
ΔH_m°	Entalpi pelelehan untuk 100% kristalisasi polipropilena	20
T_c	Temperatur kristalisasi	1
T_g	Temperatur transisi kaca	18
T_m	Temperatur leleh	1
W_1	Massa CaCO_3 sebelum dikeringkan	61
W_2	Massa CaCO_3 sebelum dikeringkan + <i>tray</i>	61
W_3	Massa <i>tray</i>	61
X_c	Persentase kristalinitas	1

Bab I Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Industri otomotif adalah pasar terpenting untuk poliolefin yang telah tumbuh secara signifikan selama lima dekade terakhir. Rata-rata kendaraan ringan terdiri dari sekitar 150 kilogram plastik dan komposit polimer yang artinya 8,4 persen berat total kendaraan. Kendaraan ringan dapat mencakup lebih dari 1000 bagian yang terbuat dari material plastik. (Nofar dkk., 2019). Polipropilena telah lama digunakan untuk berbagai aplikasi otomotif. Berbagai macam komposit polipropilena dapat ditemukan di interior dan eksterior kendaraan. Selain itu, penggunaan polipropilena hampir sering digunakan melalui penambahan *modifier*, aditif, dan *filler*. (Karian, 2003). Polipropilena sebagian besar diproduksi dengan aditif agar dapat meningkatkan sifat fisik, mekanis, dan termal. (Nofar dkk., 2019).

Terdapat peningkatan dari sifat mekanik dan fisik yang diinginkan pada komposit polipropilena ketika kalsium karbonat ditambahkan. Didapatkan hasil persentase penambahan kalsium karbonat sebesar 25% ke dalam komposit merupakan hasil yang paling optimal. Komposit polipropilena yang memiliki densitas lebih tinggi menunjukkan bahwa terdapat kandungan air pada permukaan kalsium karbonat dengan kecenderungan tinggi untuk terjadinya penggumpalan. Peningkatan kuat tarik tersebut terjadi karena interaksi antara matriks dan bahan pengisi yang baik. (Adeosun dkk., 2013).

Proses pelelehan dan kristalisasi nanokomposit polipropilena dapat dianalisis dengan menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC). Dilakukan penambahan kalsium karbonat sebesar 5, 10, dan 15% berat pada polipropilena. Hasil analisis pada DSC membuktikan bahwa temperatur leleh (T_m) dari nanokomposit tidak terpengaruh oleh penambahan kalsium karbonat. Di sisi lain, nilai persentase kristalinitas (X_c) sedikit meningkat dengan penambahan sebesar 10% berat kalsium karbonat yang disebabkan oleh efek nukleasi pada bahan pengisi. Terjadi peningkatan nilai dari temperatur kristalisasi (T_c) yang menunjukkan bahwa kalsium karbonat bertindak efektif sebagai agen nukleasi yang

meningkatkan proses kristalisasi. Hasil sifat mekanis menunjukkan jika adanya penambahan kalsium karbonat maka akan memperkuat komposit polipropilena. (Chafidz dkk., 2014).

Penelitian tentang kemampuan suatu *masterbatch* dengan penambahan sebanyak 4% berat *masterbatch black* pada polipropilena didapatkan hasil bahwa kekuatan tarik sebesar 3,83 MPa, perpanjangan putus sebesar 317,20% dan modulus elastisitas sebesar 0,08 MPa. Penambahan *masterbatch* sebagai pewarna pada polipropilena menunjukkan penurunan kuat tarik, tetapi meningkatkan nilai modulus elastisitas. Hal tersebut disebabkan oleh dispersi *masterbatch* yang tidak merata pada matriks polimer. (Ahmed dkk., 2006).

Efek dari parameter pemrosesan pada temperatur *barrel* mesin *injection molding* dapat mempengaruhi kristalinitas dan sifat mekanis pada komposit polipropilena. Hasil analisis dari DSC menunjukkan bahwa dengan peningkatan temperatur *barrel* menyebabkan terjadinya kenaikan kristalinitas pada penambahan *filler* sebanyak 30%. Besarnya nilai kuat tarik menunjukkan bahwa tidak ada efek yang jelas dari perubahan temperatur *barrel*, terjadi sedikit penurunan pada temperatur tinggi yang merupakan hasil dari degradasi. (Nofar dkk., 2019).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, pada penelitian ini dilakukan pembuatan komposit polipropilena dengan penambahan kalsium karbonat (CaCO_3) serta *masterbatch black* menggunakan proses *injection molding* pada temperatur *nozzle* 210°C. Pengujian yang dilakukan adalah sifat termal menggunakan alat *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dan sifat mekanis menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM).

I.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana sifat termal komposit polipropilena dengan penambahan CaCO_3 dan *masterbatch black*?

2. Bagaimana sifat mekanis komposit polipropilena dengan penambahan CaCO_3 dan *masterbatch black*?

I.3 Batasan Masalah

Dari rumusan masalah yang telah dibahas sebelumnya, maka dalam penelitian ini permasalahan yang dibahas akan dibatasi sebagai berikut :

1. *Filler* yang digunakan adalah CaCO_3 dengan variasi 0%, 10%, 20%, dan 30%. *Masterbatch* yang digunakan berwarna hitam dengan variasi 0% dan 4%.
2. Pembuatan komposit polipropilena menggunakan *injection molding* dengan temperatur *nozzle* yaitu 210°C .
3. Variasi tekanan yang digunakan untuk penentuan kondisi operasi awal yaitu 45 MPa, 55 MPa, 65 MPa, 75 MPa, dan 85 MPa.
4. Pengujian sifat termal menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) tipe Netzsch 214 Polyma. Sifat termal yang diamati yaitu temperatur kristalisasi (T_c), temperatur leleh (T_m), entalpi pelelehan (ΔH_m), dan kristalinitas (X_c).
5. Pengujian sifat mekanis menggunakan *Universal testing Machine* (UTM) tipe Ibertest EUROTTEST. Sifat mekanis yang diamati adalah kekuatan tarik dan modulus elastisitas.

I.4 Tujuan

Adapun tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui sifat termal komposit polipropilena dengan penambahan CaCO_3 dan *masterbatch black*.
2. Mengetahui sifat mekanis komposit polipropilena dengan penambahan CaCO_3 dan *masterbatch black*.

I.5 Manfaat

1. Penelitian ini berguna untuk memperluas pengetahuan mengenai CaCO_3 dan *masterbatch black* dengan menggunakan proses *injection molding*.
2. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi mengenai komposisi lain yang bisa digunakan sebagai bahan baku pembuatan *cover tail*.

Bab II Tinjauan Pustaka

II.1 Komposit

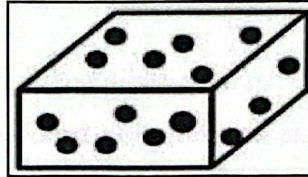
Material komposit dapat didefinisikan sebagai bahan yang terdiri dari dua fase atau lebih yang dikombinasikan melalui pencampuran untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang lebih unggul dibandingkan dengan sifat material dasar sebelum dilakukan pencampuran. (Thomas dkk., 2012).

Komposit tersusun atas fase dominan yaitu matriks dan fase penguat yaitu *reinforced*. Matriks dalam komposit dibedakan menjadi tiga kategori berdasarkan jenis matriks yang dipakai 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*. Polimer yang paling umum yaitu poliester, vinil ester, epoksi, fenolik, poliamida, polipropilena dan lainnya. PMC sangat populer karena metode pembuatannya yang murah dan sederhana. (Thomas dkk., 2012).

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. (Altenbach dkk., 2004).

Penggunaan partikel pengisi (*filler*) lebih sering digunakan untuk meningkatkan sifat matriksnya seperti konduktivitas termal dan listrik, tahan pada temperatur

tinggi, ketahanan gesek, dan meningkatkan kekerasan pada komposit (Altenbach dkk., 2004). Partikel pengisi seperti kalsium karbonat dan *talc* juga dapat ditambahkan untuk menghasilkan kekakuan yang lebih tinggi daripada polipropilena murni (Baker dkk., 2004). Penyebaran partikel di dalam komposit ditunjukkan pada Gambar II.1.



Gambar II.1 Komposit partikel
Sumber : Altenbach dkk., 2004.

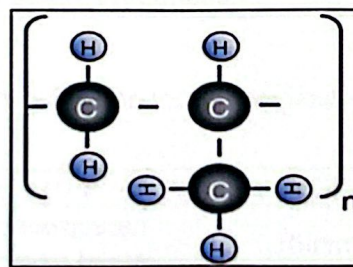
Interaksi antarmuka yaitu peristiwa yang terjadi pada permukaan diantara matriks polimer dan penguat serta mengalami kontak dengan membuat ikatan antar keduanya. Antarmuka pada komposit sangat mempengaruhi karakteristik komposit, karena antarmuka berpengaruh terhadap proses transfer beban antara matriks dan penguat. Untuk mencapai sifat mekanis yang baik, maka adhesi antarmuka harus kuat. (Thomas dkk., 2012).

Sifat termal pada komposit dengan penambahan partikel penguat menggunakan DSC akan menghasilkan temperatur kristalisasi, temperature leleh, dan kristalinitas. Temperatur leleh diperoleh dengan adanya puncak pada proses pemanasan komposit. Terjadi sedikit peningkatan pada temperatur leleh komposit, hal ini disebabkan karena penambahan matriks polimer yang dominan pada komposit. Proses kristalisasi terjadi ketika pendinginan pada lelehan komposit. Adanya puncak eksotermik menentukan temperatur kristalisasi. Temperatur kristalisasi merupakan indikasi seberapa cepat polimer akan mengkristal. Semakin tinggi temperaturnya maka semakin cepat proses kristalisasi. Partikel penguat bertindak sebagai agen nukleasi yang akan meningkatkan laju kristalisasi komposit, sehingga menghasilkan temperatur kristalisasi lebih tinggi. Polimer akan mengkristal sehingga struktur kristal yang disebut sperulit akan terbentuk. Agen nukleasi menghasilkan pembentukan sperulit yang lebih kecil daripada yang seharusnya terbentuk. Pembentukan sperulit akan menghasilkan kekakuan yang

meningkat. Penambahan partikel penguat pada matriks polimer dapat meningkatkan kristalinitas polimer, karena bentuk permukaannya yang halus dan luas. Modulus atau kekakuan lentur pada komposit biasanya akan meningkat ketika tingkat kristalinitasnya juga meningkat, tetapi juga tergantung pada jenis morfologi kristal (Karian, 2003).

II.2 Polipropilena

Eksplorasi komersial polipropilena dipasarkan pada awal tahun 1957. Sejak saat itu tingkat pertumbuhan konsumsi polipropilena sangat tinggi, dengan menjadi banyak digunakan untuk berbagai macam aplikasi seperti serat, film, pipa, botol, dan aplikasi otomotif (Gahleitner dan Paulik, 2017). Polipropilena adalah termoplastik yang diproduksi oleh polimerisasi molekul propilena berupa unit monomer menjadi rantai polimer sangat panjang. Struktur kimia pada polipropilena dapat dilihat dalam Gambar II.2. Polipropilena memiliki titik leleh tinggi, tingkat kekakuan tinggi, densitas rendah, dan ketahanan yang relatif baik terhadap benturan. (Karian, 2003).



Gambar II.2 Struktur kimia polipropilena
Sumber : Kutz, 2017.

Karian (2003) menyatakan bahwa berdasarkan monomer penyusunnya, polipropilena terbagi menjadi tiga jenis yaitu *Homopolymer Polypropylene* (HPP), *Random Copolymer* (RCP), dan *Impact Copolymer* (ICP). Sifat fisika dan kimia dari ketiga jenis polipropilena dapat dilihat pada Tabel II.1.

1. *Homopolymer Polypropylene* (HPP)

HPP merupakan bahan penyusun polipropilena yang paling banyak digunakan. Dibuat menggunakan katalis yang menghubungkan monomer hingga menghasilkan rantai polimer yang dapat dikristalisasi. HPP adalah sistem dua

fase yang mengandung bagian kristal dan nonkristalin. Bagian nonkristalin atau amorf, terdiri dari PP isotaktik dan PP ataktik. PP isotaktik di bagian amorf dapat dikristalisasi, dan akan mengkristal perlahan hingga batas dari suatu bagian.

2. *Random Copolymer (RCP)*

RCP adalah kopolimer propilena yang dibuat dalam satu reaktor dengan kopolimerisasi propilena dan sedikit etilena (biasanya 7% atau lebih rendah). Monomer etilena yang dikopolimerisasi mengubah sifat-sifat rantai polimer secara signifikan dan menghasilkan produk termoplastik yang ketahanan impaknya baik, lebih jernih, penurunan titik leleh, dan peningkatan fleksibilitas. Monomer etilena dalam rantai polipropilena menjadikan kecacatan dalam keteraturan rantai sehingga menghambat proses kristalisasi rantai. Dengan bertambahnya etilena, maka ketebalan kristal secara bertahap menurun, dan menjadikan titik leleh menjadi rendah.

3. *Impact Copolymer (ICP)*

ICP adalah campuran dari HPP dan RCP, dengan campuran keseluruhan yang memiliki kandungan etilena sebesar (6–15% berat). ICP memiliki peningkatan ketahanan benturan pada temperatur rendah.

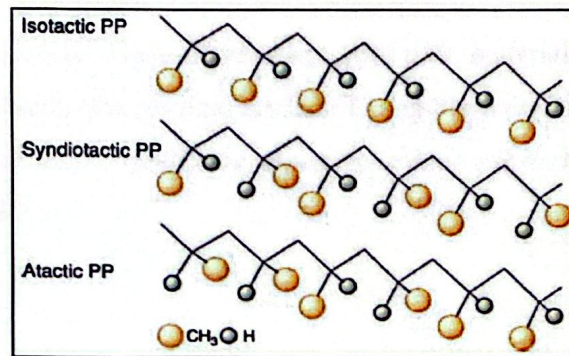
Tabel II.1 Sifat fisika dan kimia dari jenis polipropilena

	HPP	RCP	ICP
Optik	Transparan sampai buram	Buram	Buram
T _g (°C)	-5	-20	-35
Densitas (g/cm ³)	0.90–0.91	0.90–0.91	0.90–0.91
Ketahanan sinar UV	Stabilitas tinggi	Stabilitas tinggi	Stabilitas tinggi
<i>Tensile strength</i> (MPa)	35–40	20–35	11–28
<i>Tensile modulus</i> (MPa)	1200–2000	1000–1500	500–1200
<i>Hardness, shore D</i>	70–83	70–80	45–55

Sumber : Kutz, 2017.

Berdasarkan letak gugus metil, polipropilena terbagi menjadi isotaktik, sindiotaktik, dan ataktik. Letak gugus metil pada polipropilena ditunjukkan pada Gambar II.3, Pada polipropilena isotaktik, letak gugus metil berada di sisi yang

sama dari rantai polimer. Sifat polipropilena isotaktik yaitu material kaku yang dapat mengkristal dengan titik leleh yang tinggi sebesar 160–165 °C. Sifat yang dimiliki polipropilena sindiotaktik yaitu substansi semi kristalin dan titik leleh sebesar 130°C. Pada polipropilena ataktik, letak gugus metil didistribusikan secara acak di sepanjang rantai. Polipropilena ataktik bersifat amorf dan tidak memiliki titik leleh. (Crawford, 2017).



Gambar II.3 Konfigurasi polipropilena
Sumber : Kutz, 2017.

Aplikasi polipropilena dalam *injection molding* yaitu polimer dilelehkan lalu dibawa oleh sekrup hingga masuk ke dalam rongga cetakan setelah itu cetakan didinginkan, dan akhirnya cetakan memisah jadi bagian padat yang bisa dikeluarkan (Karian, 2003).

Standar kondisi operasi *injection molding* digunakan untuk polipropilena yang disampaikan oleh Gahleitner dan Paulik (2017), yaitu :

- Temperatur leleh, $T_{melt} = 200-265 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Tekanan injeksi, $P_{inj} = 50-150 \text{ MPa}$
- Kecepatan injeksi, $v_{inj} = 100-400 \text{ mm/s}$
- Temperatur cetakan, $T_w = 30-60 \text{ } ^\circ\text{C}$

Peningkatan pada polipropilena berdampak bagi teknologi pemrosesan yang dipilih menjadi bahan dasar dalam aplikasi otomotif. Polipropilena banyak digunakan untuk komponen kendaraan. Densitas polipropilena memiliki keunggulan dibanding termoplastik lainnya yang berkisar 0,9 g/mL. Penggunaan polipropilena dapat mengurangi biaya dalam produksi komponen otomotif. Polipropilena sudah

menggantikan posisi *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) pada pemakaian bahan baku untuk memproduksi komponen interior kendaraan karena harganya relatif lebih murah (Karian, 2003). Penggunaan polipropilena di bidang otomotif sangat berkontribusi karena massa jenisnya yang lebih ringan dibandingkan dengan logam dan juga mengurangi pemakaian bahan bakar. (Gahleitner dan Paulik., 2017).

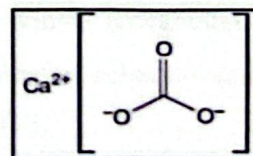
II.3 Zat Aditif

Zat aditif dapat digunakan untuk memberikan sifat pada material plastik dan juga sebagai media membantu pemrosesan. Zat aditif yang biasa digunakan yaitu *filler*, pewarna, antioksidan, *heat stabilizers*, *flame retardant*, *plasticizers*, dan *impact modifier*. (Kutz, 2017).

II.3.1 Filler

Filler (bahan pengisi) adalah suatu material relatif *inert* yang ditambahkan pada plastik untuk meningkatkan kekuatan, sifat, kualitas, atau untuk mengurangi biaya produksi. Contoh bahan pengisi adalah *talc*, kalsium karbonat (CaCO_3), *carbon black* dan silika, namun yang umumnya digunakan adalah *talc* dan kalsium karbonat (CaCO_3) (Carragher, 2003).

Kalsium karbonat adalah endapan amorf yang berasal dari alam dan terkandung pada batu kapur. *Precipitated calcium carbonate* adalah salah satu jenis dari kalsium karbonat. Kalsium karbonat berwarna putih, tidak berasa, dan tidak berbau. Kalsium dapat digunakan untuk *filler* polimer, kertas dan cat (Omari dkk., 2016). Kalsium karbonat sebagai bahan pengisi yang paling banyak digunakan untuk polipropilena dengan ukurannya sebesar 800 Mesh. Industri otomotif telah menjadi kekuatan pendorong untuk peningkatan konsumsi bahan pengisi dalam plastik (Thenepalli dkk., 2015). Struktur kimia serta sifat CaCO_3 ditunjukkan pada Gambar II.4 dan Tabel II.2.



Gambar II.4 Struktur kimia dari kalsium karbonat (CaCO_3)

Sumber : Omari dkk., 2016.

Tabel II.2 Sifat kalsium karbonat (CaCO₃)

Sifat CaCO ₃	Nilai
Densitas	2,71 g/cm ³
Temperatur leleh	1339°C
<i>Hardness</i>	3,0 Mohs

Sumber : Thenepalli dkk, 2015.

Bentuk partikel, ukuran partikel, dan distribusi ukuran dari *filler* dapat mempengaruhi sifat-sifat termoplastik maka dari itu *filler* yang digunakan harus dapat menyesuaikan matriks plastik. Umumnya, semakin kecil partikel *filler* yang digunakan maka semakin besar kekuatan tarik dari plastik sebaliknya apabila partikel *filler* semakin besar maka kekuatan tarik dari plastik akan semakin kecil. (Baker dkk., 2004).

CaCO₃ merupakan salah satu agen nukleasi yang digunakan dalam polipropilena. Akibat dari agen nukleasi yaitu terbentuknya struktur spherulit yang lebih banyak dan lebih kecil. Pengecilan ukuran spherulit akan menurunkan kekuatan tarik dan meningkatkan modulus elastisitas. Penambahan CaCO₃ memiliki keuntungan pada polipropilena yaitu meningkatkan nilai derajat kristalinitas polimer, kekakuan atau modulus dari komposit, dan temperatur kristalisasi. (Kutz, 2017). Dengan penambahan jumlah CaCO₃ yang besar, maka akan semakin tinggi nilai modulus elastisitas dan berkurangnya kekuatan tarik. Hal ini disebabkan karena dispersi dan adhesi antarmuka antara matriks polimer dan CaCO₃. Dispersi pada bahan pengisi harus merata, untuk menghindari terbentuknya gumpalan yang nantinya akan menimbulkan retakan. (Chafidz dkk., 2014).

II.3.2 Pewarna

Perwarna merupakan zat yang memberikan warna tertentu pada media yang diwarnai. Pigmen dapat digunakan untuk mewarnai substrat polimer dengan suatu mekanisme pada permukaan hanya pewarnaan yang terlibat kecuali pigmen tersebut dicampur dengan polimer sebelum pembentukan produk yang akan diinginkan. (Ambrogi dkk., 2017).

Pigmen anorganik mempunyai molekul yang lebih besar dan luas permukaannya lebih kecil. Sebagian besar pigmen anorganik berdasarkan dari logam, misalnya oksida dan sulfida seperti titanium, seng, besi, kadmium, dan kromium. Cara termudah mengklasifikasikan pigmen anorganik dengan membagi menjadi tiga, yaitu pigmen putih, pigmen hitam, dan pigmen berwarna. Perpindahan pigmen organik tidak terjadi dengan mudah kecuali bahan plastiknya terdegradasi oleh cuaca dan paparan bahan kimia. (Ambrogi dkk., 2017).

Dalam beberapa tahun terakhir industri telah mengalami peningkatan pada *masterbatch* aditif yang digunakan dalam material polimer, contohnya *color masterbatch*. (Ambrogi dkk., 2017). *Masterbatch* terdiri dari beberapa komponen, seperti resin *carrier*, pewarna dan aditif. Resin *carrier* harus mampu menyesuaikan dengan polimer yang akan diwarnai. Penambahan aditif ke *masterbatch* berguna untuk meningkatkan kemampuan proses dan memberikan sifat tertentu, seperti menghasilkan kristalinitas yang tinggi. (Zsiros dkk., 2017). Warna *masterbatch* yang sangat pekat membutuhkan konsentrasi tinggi, berkisar 50% pewarna, 40–45% resin *carrier*, dan 5–10% zat pendispersi. Efek pigmen pada permukaan saat berkontak dengan lelehan polimer memungkinkan untuk pigmen bertindak sebagai agen nukleasi (Müller, 2003).

II.3.3 Antioksidan

Antioksidan adalah senyawa kimia yang melindungi polimer dan plastik dari proses termal dan fotooksidatif yang terjadi selama *natural aging*. Antioksidan mencakup berbagai senyawa yang dapat mengganggu siklus oksidatif untuk menghambat atau memperlambat degradasi oksidatif polimer. (Ambrogi dkk., 2017).

II.3.4 Heat Stabilizers

Heat stabilizers digunakan untuk mencegah degradasi material plastik oleh panas, terutama selama pemrosesan dan juga dalam aplikasi. *Heat stabilizers* bertindak dengan menghentikan oksidasi termal. Aplikasi lain yang penting untuk *heat stabilizers* termasuk material daur ulang, dengan menghambat degradasi dan menstabilkan limbah plastik bekas pakai. (Ambrogi dkk., 2017).

II.3.5 *Flame Retardant*

Semua bahan berbasis karbon, dari kayu ke plastik, dapat terbakar selama adanya panas dan oksigen, dan karena oksigen tersedia dalam jumlah banyak. *Flame retardant* merupakan bahan kimia yang digolongkan dalam beberapa kelompok dan ditambahkan pada material polimer yang akan diproduksi, seperti plastik. Fungsi *flame retardant* adalah membuat formulasi polimer agar tidak mudah terbakar dengan metode fisika dan kimia yang berbeda. (Ambrogi dkk., 2017).

II.3.6 *Plasticizers*

Plasticizers adalah zat organik dengan volatilitas rendah yang ditambahkan ke senyawa plastik untuk meningkatkan fleksibilitas, dan kemampuan prosesnya. *Plasticizers* meningkatkan aliran dan termoplastisitas bahan plastik dengan mengurangi viskositas lelehan polimer, suhu transisi gelas (T_g), suhu leleh (T_m), dan modulus elastis dari produk jadi. *Plasticizer* digunakan untuk polimer yang dalam kondisi seperti kaca pada suhu kamar. Polimer yang semula kaku menjadi fleksibel karena interaksi yang kuat antara molekul *plasticizer* dan unit rantai, yang menurunkan transisi *brittle-tough* dan memperpanjang kisaran temperatur untuk keadaan *rubber*. (Ambrogi dkk., 2017).

II.3.7 *Impact Modifier*

Tujuan penambahan *impact modifier* adalah untuk menyerap energi benturan dengan menginduksi deformasi plastis sebelum inisiasi dan propagasi terjadi. Karakteristik umum dari *impact modifier* sebagai berikut:

- a. temperatur transisi gelas yang rendah
- b. ukuran partikel dan distribusi ukuran partikel yang optimal
- c. adhesi yang baik untuk matriks termoplastik. (Ambrogi dkk., 2017).

II.4 *Injection Molding*

Injection molding adalah metode yang digunakan untuk bahan plastik termoplastik dan termoset. Bahan komposit dimasukkan ke dalam *heated barrel*, mengalami pencampuran dan didorong ke dalam rongga cetakan serta mengalami pendinginan dan mengeras didalam cetakan. *Injection molding* digunakan untuk membuat

banyak hal seperti gulungan kawat, botol kemasan, tutup botol, *dashboard* otomotif dan sebagian besar produk plastik lainnya. (Thomas., 2012).

Proses ini memerlukan kecepatan tinggi dan otomatis yang dapat memproduksi plastik dengan bentuk yang kompleks, yang dimulai dengan memasukkan pelet plastik ke dalam *hopper*, kemudian menuju *barrel* yang didalamnya terdapat *screw* yang berfungsi untuk mengalirkan material leleh yang telah dipanasi menuju *nozzle*. Material ini akan terus didorong melalui *nozzle* dengan *injector* melewati *sprue* ke dalam rongga cetak (*cavity*). Laju injeksi berhubungan dengan kecepatan dan juga kemampuan kontrol proses untuk siklus lelehan ke dalam rongga cetakan. (Rosato dkk., 2000).

Rosato dkk., (2000) menyatakan bahwa mesin *injection molding* melakukan fungsi penting yaitu :

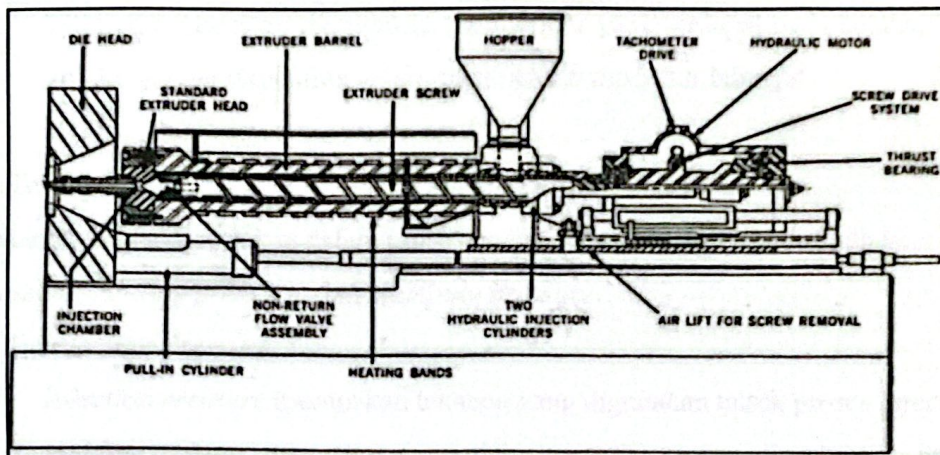
1. *Plasticizing* : memanaskan dan melelehkan plastik dalam *plasticator*.
2. Injeksi: menyuntikkan lelehan plastik dari *plasticator* di bawah tekanan tembakan volume terkontrol dari lelehan ke dalam cetakan tertutup, selanjutnya pemadatan plastik dimulai pada dinding rongga cetakan.
3. *Afterfilling* : mempertahankan bahan yang disuntikkan di bawah tekanan untuk waktu tertentu agar mencegah aliran balik lelehan dan untuk mengimbangi penurunan volume lelehan selama pemadatan.
4. Pendinginan: mendinginkan material plastik yang ada pada bagian cetakan sampai cukup kuat untuk dikeluarkan. Atau memanaskan bagian termoset yang dicetak dalam cetakan sampai cukup kuat untuk dikeluarkan.
5. Pelepasan bagian cetakan: membuka cetakan, mengeluarkan produk, dan menutup cetakan sehingga siap untuk memulai siklus berikutnya.

Mesin *injection molding* terdiri dari dua bagian besar, yaitu unit injeksi dan unit *clamping*. Setiap tipe mesin injeksi yang berbeda akan mempunyai perbedaan dalam unit injeksi dan unit *clamping*. Bagian pada mesin *injection molding* dapat dilihat pada Gambar II.6. (Malloy, 2010).

1. *Injection unit*: merupakan tempat mencairkan plastik dan proses injeksi plastik ke dalam cetakan. Terdiri dari beberapa bagian yaitu :

- a. *feed hopper*: merupakan wadah untuk menampung pelet plastik yang akan dipanaskan dan dicairkan untuk dialirkan ke *screw*. Dalam *hopper*, bahan akan dipanaskan oleh aliran udara dari *blower* yang dipanaskan oleh elemen panas (*heater*). Hal ini dilakukan untuk menghilangkan air yang terdapat dalam bahan baku karena adanya air akan menyebabkan hasil dari pembuatan plastik tidak sempurna.
 - b. *injection ram*: merupakan bagian yang akan memberikan tekanan pada plastik cair agar masuk ke dalam rongga cetakan.
 - c. *barrel*: merupakan bagian utama yang mengalirkan plastik cair dari *hopper* melalui *screw* ke cetakan. Pada *barrel* terdapat dua heater untuk menjaga panas resin pada temperatur yang sesuai untuk proses injeksi.
 - d. *injection screw*: merupakan bagian yang mengatur aliran resin dari *hopper* ke cetakan. Putaran *screw* akan menyebabkan bahan akan terkumpul di ujung *screw* sebelum diinjeksikan. Kemudian *screw* akan mundur selama beberapa saat, kemudian akan maju mendorong bahan yang telah dicairkan di dalam *barrel* menuju *nozzle*.
 - e. *injection cylinder*: merupakan bagian yang dihubungkan ke sebuah motor hidraulis untuk menyediakan tenaga pada penginjeksian resin. Karakteristik resin dan tipe produk tergantung pada kecepatan dan tekanan yang diperlukan.
2. *Clamping Unit*: merupakan tempat cetakan diletakkan, membuka dan menutup cetakan secara otomatis, dan mengeluarkan part yang sudah selesai terbentuk. Terdiri dari beberapa bagian yaitu :
- a. *injection mold*: merupakan cetakan dari produk yang akan dibuat. Terdapat dua tipe *injection mold* yaitu *cold runner* dan *hot runner*.
 - b. *injections platens*: merupakan plat baja pada mesin *injection molding* untuk tempat peletakan cetakan. Umumnya digunakan dua plat, satu plat yang diam (*stationary*) dan satunya lagi plat yang bergerak (*moveable*). Menggunakan hidraulis untuk membuka dan menutup cetakan.
 - c. *clamping cylinder*: merupakan bagian yang menyediakan tenaga untuk *clamping* dengan bantuan tenaga pneumatik dan hidraulis.

- d. *tie bar*: menopang kekuatan *clamping* dan terdapat 4 *tie* diantara *fixing platen* dan *support* .



Gambar II.5 Bagian mesin *injection molding*
Sumber : Rosato dkk, 2000.

Siklus proses *injection molding* memerlukan waktu tertentu untuk dapat melakukan satu kali proses produksi yang biasa disebut *cycle time*. *Cycle time* biasanya meliputi beberapa proses: *mold close*, *inject*, *holding*, *cooling*, *charging* dan *eject*. (Malloy, 2010). Parameter pada mesin *injection molding* yang harus dikendalikan ada 3 macam yaitu temperatur, tekanan, dan waktu. (Bryce, 1997).

A. Temperatur

1. Temperatur Material dan *Injection*

Temperatur material merupakan temperatur pada plastik yang harus dipanaskan sebelum diinjeksikan ke dalam cetakan. Pelelehan plastik dicapai dengan menerapkan panas pada material plastik, yang menyebabkan molekul bergerak. Semakin banyak panas yang diterapkan, semakin cepat molekul bergerak. Namun, jika terlalu banyak panas yang diterapkan, maka material plastik akan cepat terdegradasi.

Temperatur *injection* merupakan temperatur leleh plastik saat diinjeksikan kedalam cetakan melalui *nozzle*. Ada empat zona pemanasan pada mesin *injection molding* yaitu *nozzle*, *front*, *center*, dan *rear*. Temperatur pada zona pemanasan disesuaikan menurut spesifikasi material yang akan digunakan.

Pada umumnya temperatur material plastik yang terjadi saat injeksi lebih rendah 10 – 20°C dari temperatur pada *nozzle*.

2. Temperatur Cetakan

Temperatur cetakan merupakan temperatur yang terdapat pada cetakan dan kondisi paling terpenting selain parameter temperatur lainnya.

B. Tekanan

Tekanan sangat diperlukan dalam proses *injection molding*. Berfokus pada *injection pressure*, *holding pressure*, dan *clamping pressure*.

1. *Injection Pressure*

Injection pressure merupakan tekanan yang digunakan untuk proses *injection molding*. Atau banyaknya jumlah tekanan yang diperlukan untuk menghasilkan pengisian awal pada rongga cetakan. Banyaknya tekanan yang digunakan adalah viskositas dan laju aliran plastik yang diinjeksikan. Lebih dari 20.000 material plastik yang saat ini sebagian besar menggunakan tekanan sekitar 5.000 hingga 15.000 psi atau 35 hingga 104 MPa.

2. *Holding Pressure*

Holding pressure didefinisikan sebagai tekanan yang ditahan terhadap pendinginan plastik pada rongga cetakan selama plastik tersebut mengeras. Nilai *holding pressure* merupakan parameter terpenting untuk menentukan dimensi dari produk.

3. *Clamp Pressure*

Clamp pressure merupakan banyaknya jumlah tekanan yang diperlukan untuk menahan cetakan agar tidak tertutup terhadap *injection pressure*. Besarnya tekanan yang digunakan setidaknya harus sama dengan jumlah tekanan oleh *injection unit*. Jika *clamp pressure* terlalu rendah, cetakan akan terbuka selama proses injeksi.

C. Waktu

1. *Injection Time*

Injection time merupakan waktu untuk aktivitas injeksi yang bergantung pada berapa banyak material yang diinjeksikan, viskositas, dan persentase

kapasitas *barrel* dari mesin. *Initial injection time* terjadi pada saat cetakan menutup sepenuhnya, lalu *screw* mendorong dan menyuntikkan lelehan plastik ke dalam cetakan. *Holding injection time* adalah waktu yang dibutuhkan untuk membentuk produk secara keseluruhan dalam rongga cetakan setelah terisi penuh.

2. *Cooling Time*

Cooling time merupakan waktu yang diperlukan untuk mendinginkan material plastik setelah diinjeksikan. Lamanya *cooling time* dihitung mulai dari pemadatan sampai produk cukup kaku untuk menahan proses pelepasan dari ejetor. Proses pelepasan merupakan proses yang mendorong produk agar keluar dari cetakan setelah seluruh siklus selesai.

3. *Clamp Time*

Clamp time merupakan waktu yang sangat penting pada proses *injection molding*, karena mencakup sebagian besar operasi yang terjadi selama proses *injection molding*. Selain itu, *clamp time* dibutuhkan agar cetakan tetap tertutup. *Clamp time* dimulai ketika cetakan menutup sampai cetakan terbuka kembali.

Menurut Yanto dkk., (2018) menjelaskan bahwa terdapat beberapa permasalahan yang sering ditemukan pada produk hasil *injection molding*, antara lain :

- a. *Short moulding* adalah cacat produk akibat pengisian yang tidak sempurna.
- b. *Sink mark* adalah keadaan cacat produk berupa bentuk cembung pada permukaan produk.
- c. *Air bubble* adalah kecacatan produk yang didalamnya terdapat gelembung udara.
- d. *Warpage* adalah kondisi cacat produk yang terlihat pada permukaan produk yang melengkung atau bengkok.
- e. *Weldmark or flow mark* adalah cacat produk berupa garis yang terdapat pada permukaan produk.
- f. *Discolored moulding* adalah cacat berupa pelunturan warna pada produk.
- g. *Black spot* adalah keadaan cacat produk seperti adanya bintik hitam pada produk.
- h. *Hole/gap* adalah adanya jarak atau kerenggangan pada bagian produk yang terjadi karena temperatur yang kurang panas.

II.5 Pengujian Komposit Polipropilena

II.5.1 Pengujian Sifat Termal Komposit Polipropilena dengan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC)

DSC berfungsi untuk mengukur dan menganalisis perbedaan kalor yang mengalir pada sampel dan referensi sebagai pembandingnya. Perubahan yang dilihat adalah temperatur leleh (T_m), temperatur transisi kaca (T_g), entalpi pelelehan (ΔH_m) dan kristalinitas (X_c). Tahap pemanasan pertama menghasilkan termogram yang mewakili sifat-sifat material disebabkan oleh *thermal history* dan tahap pemanasan kedua memberikan data hasil dari sifat-sifat material sebenarnya (Gabbot, 2008).

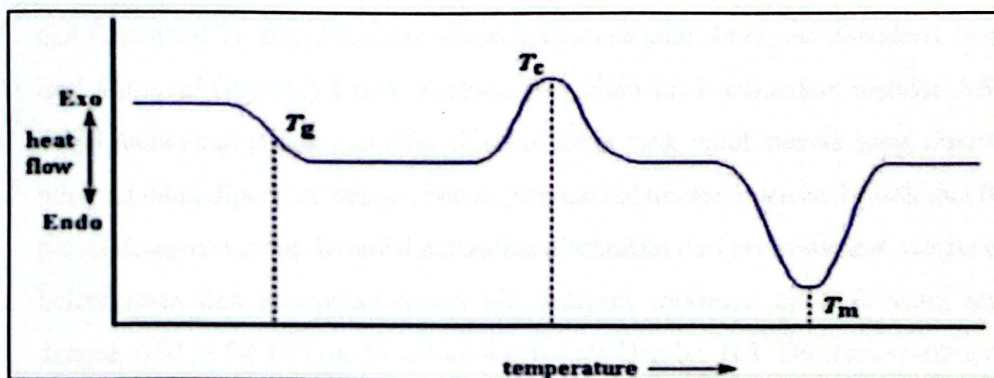
Hasil dari pengujian DSC berupa termogram yang menampilkan grafik keseluruhan proses. Pada Gambar II.7 menunjukkan termogram kurva DSC. Proses temperatur transisi kaca adalah perubahan polimer dari keras menjadi getas. Kemudian membentuk puncak ketika polimer mencapai T_c dan akhirnya membentuk lembah ketika polimer mencapai temperatur leleh T_m . Pada proses transisi kaca tidak menunjukkan adanya puncak atau lembah dikarenakan pada proses ini tidak ada panas yang dilepaskan atau diserap oleh polimer. Kristalisasi merupakan transisi eksotermis pada pendinginan dari cairan ke padatan kristalin (Kodre dkk., 2014).

Proses temperatur leleh adalah proses perubahan polimer padat menjadi cair. Polimer yang mengalami pendinginan setelah dipanaskan atau polimer yang mengalami pengendapan cenderung mengkristal. Untuk polimer yang strukturnya teratur memiliki nilai derajat kristalinitas yang tinggi. Untuk polimer semikristalin memiliki T_m dan T_g , untuk polimer amorf hanya memiliki T_g . (Kodre dkk., 2014). Kristalinitas polimer dipengaruhi oleh laju pendinginan selama solidifikasi, rantai polimer yang linear, dan stereoisomer. Derajat kristalinitas dapat dinyatakan dalam fraksi massa pada daerah kristalin. Derajat kristalinitas merupakan karakteristik yang paling penting dari suatu polimer dalam menentukan sifat mekanik, seperti modulus elastisitas dan ketahanan impak. (Kong dan Hay, 2002).

Di bawah T_m , sampel akan dipanaskan pada laju pemanasan yang diatur sebelumnya. Ketika titik leleh tercapai dan struktur kristal mulai rusak, maka

sampel akan bertahan pada T_m sampai proses pelelehan selesai. Pada temperatur kristalisasi, polimer kehilangan sebagian susunan rantai acaknya, bentuk ikatan antarmolekul dan molekul polimer menjadi lebih teratur. Kristalisasi merupakan transisi eksotermis dari amorf ke kristalin, sehingga terjadi peningkatan aliran panas pada puncak kurva saat proses kristalisasi. (Gaisford dkk., 2016).

Entalpi merupakan energi yang dibutuhkan untuk melelehkan suatu material pada suhu tertentu. Pada material polimer amorf dan kristalin menunjukkan entalpi yang sangat berbeda, yaitu pengukuran entalpi untuk memperkirakan kristalinitas pada kisaran suhu tertentu saat polimer dipanaskan. Untuk material semikristalin, derajat kristalinitas dapat ditentukan dengan membandingkan entalpi leleh eksperimental dengan nilai literatur untuk entalpi leleh dari 100% kristal polimer. (Gabbot, 2008).



Gambar II.6 Termogram kurva DSC
Sumber : Kodre dkk., 2014

Preparasi sampel dapat dilakukan dengan memotong sampel. Umumnya, sampel yang digunakan sekitar 5–7 mg. Sampel yang telah dipotong dimasukkan ke dalam *crucible* lalu dilakukan pemanasan. Pada pemanasan temperatur leleh yang digunakan temperatur dlebihkan 30°C sampai 50°C untuk menghilangkan *history* termal dari sampel. Laju pemanasan yang digunakan 10°C/menit atau 20°C/menit kemudian ditahan selama 5 menit dan dilakukan pendinginan dengan laju pendinginan yang sama dengan laju pemanasan. Lakukan kembali pemanasan dengan laju pemanasan yang telah digunakan. (ASTM D3418-15).

Setelah nilai T_g , T_m , dan ΔH_m telah diperoleh. Persentase kristalinitas (X_c) dapat dihitung dengan persamaan II.1, yaitu : (Chafidz dkk., 2014).

$$X_c = \frac{\Delta H_m}{(1-\alpha)\Delta H_m^\circ} \times 100\% \quad (\text{II.1})$$

Keterangan :

X_c = persentase kristalinitas (%)

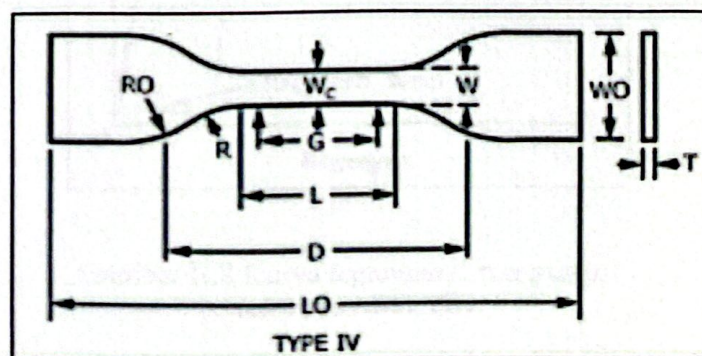
ΔH_m = entalpi pelelehan (J/g)

ΔH_m° = entalpi pelelehan kristalisasi 100% polipropilena (J/g) = 207 J/g

α = fraksi massa CaCO_3 dan MB black

II.5.2 Pengujian Sifat Mekanis Komposit Polipropilena

Metode pengujian ini dirancang untuk menghasilkan nilai kekuatan tarik pada spesifikasi bahan plastik. Pengujian kekuatan tarik pada komposit menggunakan alat *Universal Testing Machine* sesuai dengan standar *American Standard Testing and Material* (ASTM) D638. Metode pengujian ini berdasarkan standar ASTM D638 mencakup penentuan sifat-sifat kekuatan tarik untuk plastik yang diperkuat maupun tidak diperkuat dengan bahan penguat dalam spesimen berbentuk *dog bone* sesuai dengan standar. Kondisi pengujian ditentukan dari *pretreatment*, temperatur, kelembaban dan kecepatan mesin uji. Adapun spesimen uji tarik yang sesuai dengan ASTM D638 Tipe IV ditunjukkan pada Gambar II.8. Dimensi spesimen uji tarik yang sesuai dengan ASTM D638 Tipe IV ditunjukkan pada Tabel II.3. (ASTM D638-14).



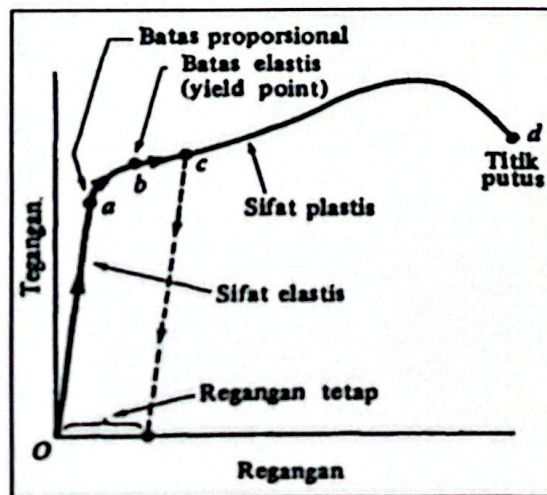
Gambar II.7 Bentuk spesimen tipe IV
Sumber : ASTM D638, 2014.

Tabel II.3 Keterangan bagian dari spesimen

Simbol	Keterangan	Ukuran (mm)	Toleransi (mm)
WO	Lebar	19	+ 6,4
T	Tebal	4	-
W/Wc	Lebar bagian yang sempit	6	± 0,5
RO	Radius luar	25	± 1
L	Panjang bagian yang sempit	33	± 0,5
G	Panjang pengukuran	25	± 0,13
Simbol	Keterangan	Ukuran (mm)	Toleransi (mm)
R	Radius potongan	14	± 1
D	Jarak antar grip	65	± 5
LO	Panjang keseluruhan	115	-

Sumber : ASTM D638, 2014.

Sifat-sifat polimer yang harus diperhatikan untuk suatu produk diantaranya kekuatan tarik, kekuatan bentur dan kekuatan lentur. Sifat-sifat terkait mencakup kekerasan, ketahanan abrasi dan ketahanan sobek. Kekuatan tarik seringkali dijadikan sebagai pengujian yang menunjukkan kualitas suatu bahan polimer. Jika suatu bahan polimer mengalami penambahan tegangan (*stress*), maka terdapat juga perubahan regangan (*strain*). (Sari dkk., 2010).



Gambar II.8 Kurva tegangan dan regangan

Sumber : Sari dkk., 2010.

Kurva yang terdapat pada Gambar II.9 memberikan informasi tentang deformasi. Pada bagian awal kurva terjadi deformasi elastis linier, dimana tegangan (*stress*)

dan regangan (*strain*) berbanding lurus. hingga batas proporsional. Batas proporsional grafik adalah batas yang menunjukkan hubungan proporsional antara *stress-strain*. Setelah batas ini dilewati, maka kurva mengalami deformasi elastis non-linier hingga mencapai batas elastis (titik *yield*), walaupun elastis non-linier tetapi masih bisa kembali ke bentuk semula walaupun gaya yang bekerja dihilangkan. Setelah melewati titik *yield*, tegangan terus berlanjut hingga mencapai titik maksimum dan kemudian regangan menurun dan akhirnya putus. (Sari dkk., 2010).

Kuat tarik merupakan gaya atau tegangan yang dapat diterima oleh material sampai putus. *Elongation at break* atau keuletan merupakan pertambahan panjang yang dialami material sampai putus. Modulus merupakan ketahanan suatu material menahan bebas sampai batas deformasi elastis. (Sari dkk., 2010).

Bab III Metode Penelitian

III.1 Waktu dan Tempat

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan studi literatur pada bulan Oktober-Desember 2019. Pembuatan komposit polipropilena menggunakan mesin *injection molding*, pembentukan spesimen *dog bone*, pengujian sifat termal serta mekanis dilakukan pada rentang waktu Februari s.d. Juli 2020 di Workshop Polimer dan Laboratorium Polimer Politeknik STMI Jakarta.

III.2 Alat dan Bahan

III.2.1 Alat

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

1. Neraca digital tipe Kenko
2. Oven tipe Memmert
3. *Injection Molding* tipe Toshiba
4. *Granulator* tipe Kawata Model A300-10SP
5. Palet logam sebagai cetakan untuk pelat plastik
6. Pisau cetakan spesimen ASTM D-638 tipe IV
7. *Manual Forming Machine* (MFM) tipe Comotech QC-601A
8. *Pneumatic Specimen Punch* tipe Comotech QC-603C
9. *Universal Testing Machine* (UTM) tipe Ibertest EUROTTEST
10. *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) tipe Netzsch 214 Polyma

III.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian :

1. Pelet polipropilena diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical.
2. CaCO_3 diperoleh dari PT. Justus Kimiaraya.
3. *Masterbatch black* diperoleh dari PT. Masolikalerindo Perkasa.

III.3 Variabel

Variabel pada penelitian ini terdiri dari 2 jenis variabel, yaitu variabel tetap dan variabel berubah.

III.3.1 Variabel Tetap

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

1. Temperatur *nozzle* pada proses *injection molding* adalah 210°C.
2. Kecepatan pada mesin granulator adalah 1420 rpm.
3. Laju pemanasan pada DSC sebesar 10°C/min, laju pendinginan pada DSC sebesar -10°C/min, dan laju alir gas N₂ sebesar 20mL/min.
4. Temperatur pada MFM sebesar 180°C dan tekanan sebesar 200 kg/cm².
5. Waktu pemanasan yang digunakan pada MFM selama 20 menit.

III.3.2 Variabel Berubah

Variabel berubah adalah variabel yang berubah selama penelitian berlangsung untuk mencari nilai terbaik pada produk komposit. Tekanan operasi *injection molding* pada percobaan pendahuluan sebesar 45 MPa, 55 MPa, 65 MPa, 75 MPa dan 85 MPa. Variabel berubah yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel III.1.

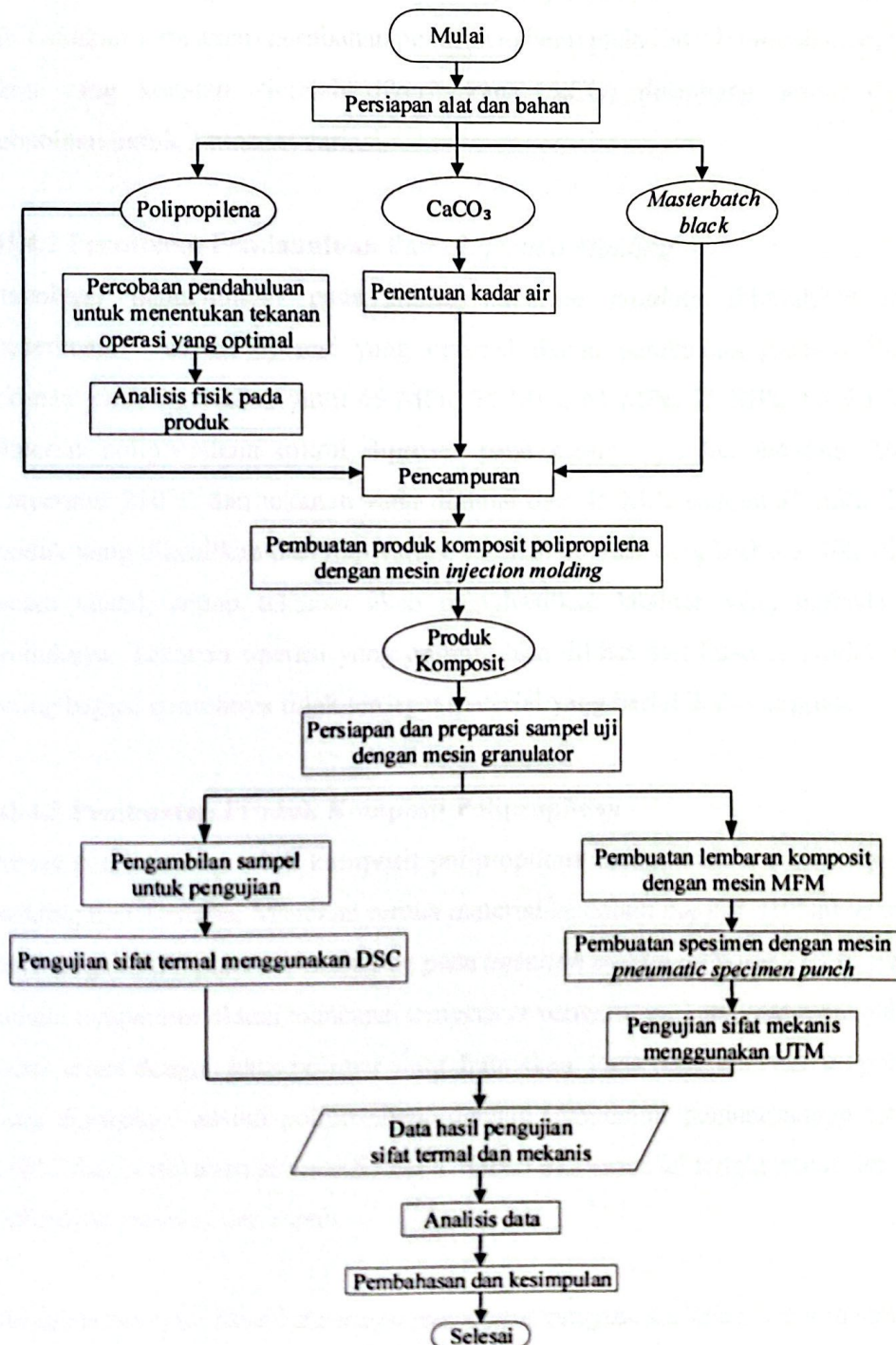
Tabel III.1 Variasi penelitian

Sampel	Polipropilena		CaCO ₃		Masterbatch	
	Persentase (%)	Massa (gram)	Persentase (%)	Massa (gram)	Persentase (%)	Massa (gram)
1	100	1500	0	0	0	0
2	86	1290	10	150	4	60
3	76	1140	20	300	4	60
4	66	990	30	450	4	60

III.4 Prosedur

Prosedur yang pertama kali dilakukan dalam penelitian adalah persiapan bahan. Melakukan percobaan pendahuluan untuk mendapatkan tekanan operasi yang optimal pada mesin *injection molding*. Dilanjutkan dengan pencampuran semua bahan menggunakan mesin *injection molding*, sampai menghasilkan produk. Setelah itu, persiapan dan preparasi sampel uji dengan menggunakan alat granulator. Produk hasil *granulator* yang berupa granula dijadikan lembaran komposit menggunakan MFM. Lembaran komposit yang telah dihasilkan, dijadikan

spesimen dengan menggunakan *pneumatic specimen punch*. Spesimen yang telah dihasilkan, diuji menggunakan alat UTM untuk mengetahui sifat mekanis dan menggunakan DSC untuk sifat termal dari komposit. Skema pembuatan komposit polipropilena dapat dilihat pada Gambar III.1.



Gambar III.1 Diagram alir penelitian

III.4.1 Persiapan Bahan

Timbang dan pindahkan pelet polipropilena serta *masterbatch black* sesuai kebutuhan untuk 4 macam sampel yang ingin dibuat ke dalam plastik. Sebelum diinjeksi, material CaCO_3 dikeringkan di dalam oven pada temperatur 105°C setiap 15 menit dan didinginkan selama 10 menit yang gunanya untuk menghitung kadar air. Lakukan serta amati perubahan penurunan berat pada CaCO_3 sampai didapatkan berat yang konstan. Setelah dikeringkan, CaCO_3 ditimbang sesuai dengan kebutuhan untuk 3 macam variasi.

III.4.2 Percobaan Pendahuluan Pada *Injection Molding*

Percobaan pendahuluan pada mesin *injection molding* dibutuhkan untuk menentukan tekanan operasi yang optimal dalam pembuatan produk. Variasi tekanan yang digunakan yaitu 45 MPa, 55 MPa, 65 MPa, 75 MPa dan 85 MPa. Material polipropilena murni diproses pada mesin *injection molding* dengan temperatur 210°C dan tekanan yang dimulai dari 45 MPa sampai 85 MPa. Lihat produk yang dihasilkan dari tiap variasi tekanan operasi yang berbeda. Jika dilihat secara visual, setiap tekanan akan menghasilkan kualitas yang berbeda tiap produknya. Tekanan operasi yang optimal bisa dilihat dari kualitas produk yang paling bagus, contohnya tidak terdapat material yang berlebih di sisi produk.

III.4.3 Pembuatan Produk Komposit Polipropilena

Proses pembuatan produk komposit polipropilena menggunakan mesin *injection molding* tipe Toshiba. Masukkan semua material ke dalam *hopper*. Hidupkan mesin dan mengatur temperatur pemanasan pada *injection molding* sebesar 210°C , tunggu sampai temperatur aktual mencapai temperatur pengaturan. Temperatur yang diatur harus sesuai dengan jenis polimer yang digunakan. Pada penelitian kali ini polimer yang digunakan adalah polipropilena dengan temperatur pemanasannya sebesar 210°C dan bertekanan sebesar 55 MPa. Sebab jika material terlalu panas dan cair, maka akan melekat dan rapuh.

Setelah temperatur aktual mencapai temperatur pengaturan, keluarkan sisa material yang masih ada di dalam *screw*. Lakukan pengaturan pada parameter setiap produk

yang ada di monitor mesin *injection molding*. Kemudian masukkan semua material ke dalam *hopper*. Pastikan material yang dimasukkan ke dalam *hopper* tidak melebihi dari kapasitas *hopper*. Jika umpan material melebihi, maka akan masuk ke tempat yang tidak sepatutnya selama proses injeksi. Periksa kecepatan *screw*, tekanan injeksi, dan kecepatan injeksi kedalam cetakan.

Setelah produk komposit polipropilena dibuat. Selanjutnya produk komposit tersebut dimasukkan ke dalam mesin granulator yang gunanya untuk menghancurkan produk menjadi bentuk granula. Kecepatan yang digunakan pada mesin granulator sebesar 1420 rpm. Hasil granula dari produk komposit tersebut kemudian akan digunakan sebagai sampel untuk pengujian sifat termal dan mekanis.

III.4.4 Pembuatan Lembaran Komposit

Pembuatan lembaran komposit pada penelitian ini menggunakan mesin MFM tipe Comotech model QC 601-A sebagai metode pembuatannya. Komposit berbentuk granula ditimbang sebanyak 75 gram untuk setiap pencetakan. Selanjutnya komposit tersebut dimasukkan secara manual ke dalam cetakan tertutup yang berbahan dasar logam dan memiliki ukuran sebesar 20×20×0,20cm. MFM dipanaskan terlebih dahulu sampai mencapai temperatur 180°C. Setelah mencapai temperatur *setting*, selanjutnya dilakukan proses pencetakan di dalam MFM.

Cetakan yang sudah diletakkan ke dalam MFM diberikan tekanan hingga cetakan menempel pada bagian *heating panel* atas dan *heating panel* bawah MFM, sehingga terjadi transfer panas antara *heating panel* dengan cetakan. Proses pembuatan lembaran komposit memiliki waktu pemanasan didalam mesin selama 20 menit. Setiap 2 menit ditambahkan tekanan untuk menghindari adanya celah pada cetakan yang menyebabkan udara yang terjebak di dalam cetakan. Setelah pemanasan berlangsung selama 15 menit, berikan tekanan maksimal sampai mencapai 200 kg/cm². Setelah tercapai waktu pemanasan selama 20 menit, selanjutnya dilakukan proses pendinginan dibawah tekanan operasi hingga temperatur MFM turun sampai 70°C dan hitung waktu pendinginannya.

III.4.5 Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen komposit pada penelitian ini menggunakan alat *Pneumatic Specimen Punch* tipe Cometech model QC-603C. Pembentukan spesimen berguna untuk dijadikan sampel pada pengujian sifat mekanis. Spesimen pengujian sifat mekanis dibentuk berdasarkan standar ASTM D638-14 Tipe IV dengan bentuk *dog bone*. Tekanan *pneumatic specimen punch* yang digunakan sebesar 5 bar.

Pemotongan spesimen diawali dengan menaruh pisau cetakan berbentuk *dog bone* diatas permukaan lembaran komposit yang diinginkan. Selanjutnya pisau cetakan dan lembaran komposit diposisikan di dalam alat *pneumatic specimen punch*. Proses pemotongan berlangsung dengan menekan tombol press yang berada disisi kanan dan kiri mesin dan secara bersamaan menginjak pedal/*foot switch* sampai terdapat bunyi yang menandakan lembaran komposit telah terpotong. Hasil pemotongan akan menghasilkan spesimen berbentuk *dog bone*.

III.4.6 Pengujian Sifat Termal

Untuk mengetahui sifat termal yang terdapat dalam komposit polipropilena digunakan alat DSC tipe 214 Polyma yang dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta. DSC dapat digunakan untuk mengetahui energi yang diserap dan dilepaskan oleh sampel sebagai fungsi temperatur. Sifat termal yang diamati adalah temperatur leleh (T_m), temperatur kristalisasi (T_c), entalpi pelelehan (ΔH_m), dan kristalinitas (X_c).

Sampel yang digunakan sekitar ± 6 mg dimasukkan ke dalam wadah *crucible* lalu dilakukan pemanasan dari 30°C sampai 220°C . Pada laju pemanasan $10^\circ\text{C}/\text{menit}$ kemudian ditahan selama 5 menit untuk pemanasan pertama. Selanjutnya, sampel dilakukan pendinginan dengan laju pendinginan $10^\circ\text{C}/\text{menit}$ sampai temperatur 30°C dan ditahan selama 5 menit. Kemudian dilakukan pemanasan hingga temperatur 220°C dengan laju pemanasan $10^\circ\text{C}/\text{menit}$ untuk pemanasan kedua.

Prosedur DSC sebagai berikut :

1. Hubungkan kabel instrumen dengan sumber listrik.

2. Pastikan suplai tabung gas nitrogen dan gas oksigen masing-masing 0,5 bar.
3. Hidupkan tabung gas, komputer dan nyalakan mesin DSC 214 polyme.
4. Buka *software expert mode* pada desktop dan tunggu beberapa menit untuk membiarkan alat *optimizing*.
5. Preparasi sampel dengan memotong sampel dengan berat sesuai standar.
6. Masukkan sampel yang sudah dipotong dengan berat sesuai standar bahan yang digunakan dalam wadah yang telah disediakan menggunakan pinset.
7. Masukkan wadah *crucible* kosong sebagai referensi.
8. Klik *method*, lalu klik *create new method*.
9. Lengkapi data program sampai lampu berubah menjadi hijau.
10. Atur temperatur program klik *category* mulai temperatur sebesar 30°C hingga 200°C. Temperatur ditentukan dari material polimer yang digunakan.
11. Klik *purge 1* MFC sebesar 0, *purge 2* MFC diklik dengan sebesar 20ml/min, *protective* MFC standar N sebesar 20 ml/min.
12. Atur laju pemanasan dan pendinginan sebesar 10C/min, waktu isothermal selama 5 menit.
13. Kalibrasi dengan klik *will be used* klik 2 kali.
14. Klik *measure*, lalu klik start kemudian klik start.
15. Tunggu sampai proses pengujian selesai.
16. Lihat hasil dari pengujian berupa termogram DSC.
17. Simpan hasil pengujian dengan mengubah *file name* dan *save* lalu klik OK.

III.4.7 Pengujian Sifat Mekanis

Pengujian sifat mekanis bertujuan untuk mengetahui besarnya kekuatan tarik dan modulus elastisitas dari sampel komposit polipropilena. Pengujian ini polipropilena menggunakan alat uji UTM Ibertest 5 kN EUROTEST yang berdasarkan standar ASTM D638-14. Sebelum dilakukan pengujian, sampel terlebih dahulu diukur lebar badan, ketebalan spesimennya serta jarak antar *grip* pada UTM diatur hingga ketinggian 65 mm sesuai standar ASTM D638-14. Sampel yang digunakan untuk pengujian mekanis sebanyak 5 buah. Pengujian dilakukan dengan menjepit bagian leher terlebih dahulu, kemudian jepit kepala sampel bagian atas dan bawah sampel, posisikan sampel dalam keadaan lurus dan seimbang. Kemudian sampel ditarik

dengan pembebanan tertentu sampai sampel patah. Catat hasil dari nilai jarak *grip* setelah pengujian, kekuatan tarik (*tensile strength*, MPa), dan modulus elastisitas (*modulus of elasticity*, MPa).

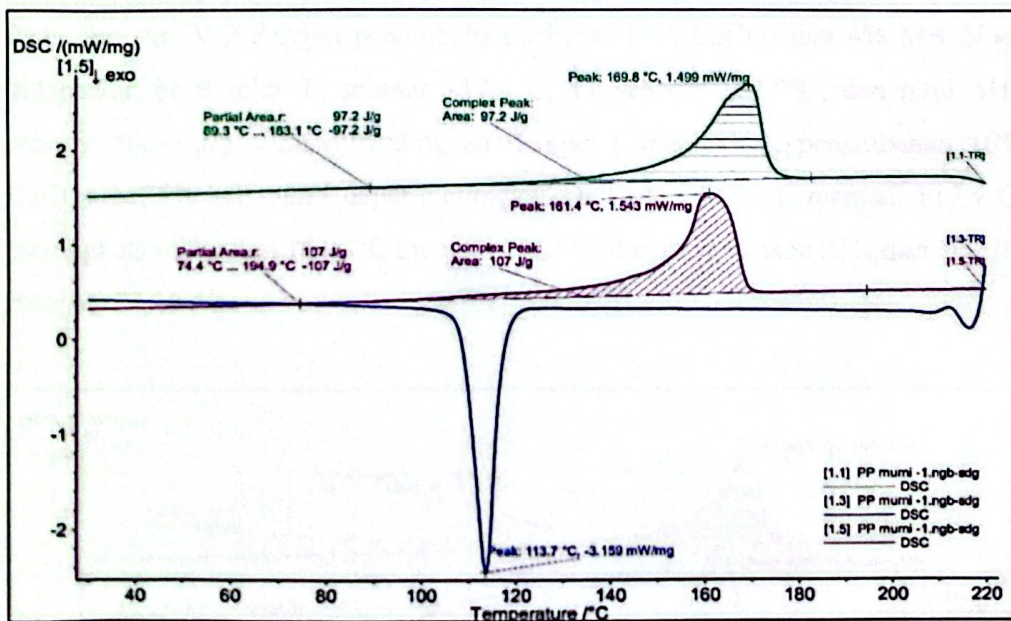
III.4.8 Pengujian Pada Produk *Cover Tail* AHM

Pengujian pada produk *cover tail* Astra Honda Motor (AHM) bertujuan untuk mengetahui sifat termal dan mekanisnya. Produk tersebut dicacah menggunakan mesin granulator. Selanjutnya granula hasil cacahan tersebut dilakukan pengujian termal dengan menggunakan DSC untuk mengetahui nilai T_c , T_m , ΔH_m , dan X_c . Dan juga dilakukan pengujian mekanis menggunakan UTM untuk mendapatkan nilai kuat tarik dan modulus elastisitas. Hasil dari sifat termal dan mekanis tersebut bisa menjadi patokan atau standar dari produk yang dihasilkan dari proses *injection molding*.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

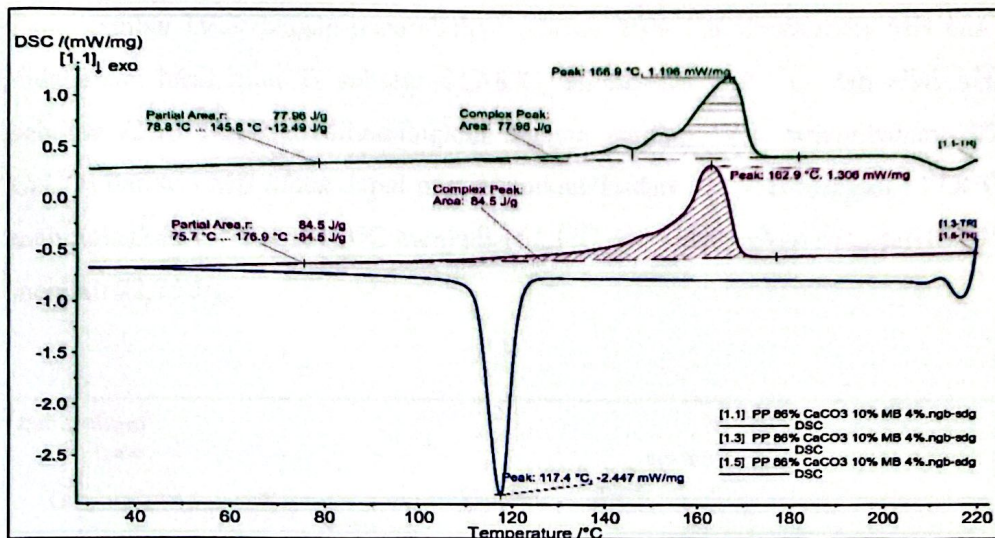
IV.1 Sifat Termal Komposit Polipropilena dengan Penambahan CaCO_3 serta *Masterbatch Black* Terhadap Temperatur Kristalisasi, Temperatur Leleh, Entalpi Pelelehan, dan Kristalinitas

Pengujian termal menggunakan DSC untuk mengetahui nilai temperatur kristalisasi (T_c), temperatur leleh (T_m), entalpi pelelehan (ΔH_m), dan kristalinitas (X_c) dari komposit polipropilena. Hasil pengujian termal ditunjukkan dalam termogram DSC yang masing-masing variasi dapat dilihat pada gambar IV.1 sampai IV.4. Gambar IV.5 merupakan hasil pengujian termal dari produk *cover tail* AHM sebagai pembandingan dengan komposit polipropilena yang telah dibuat.



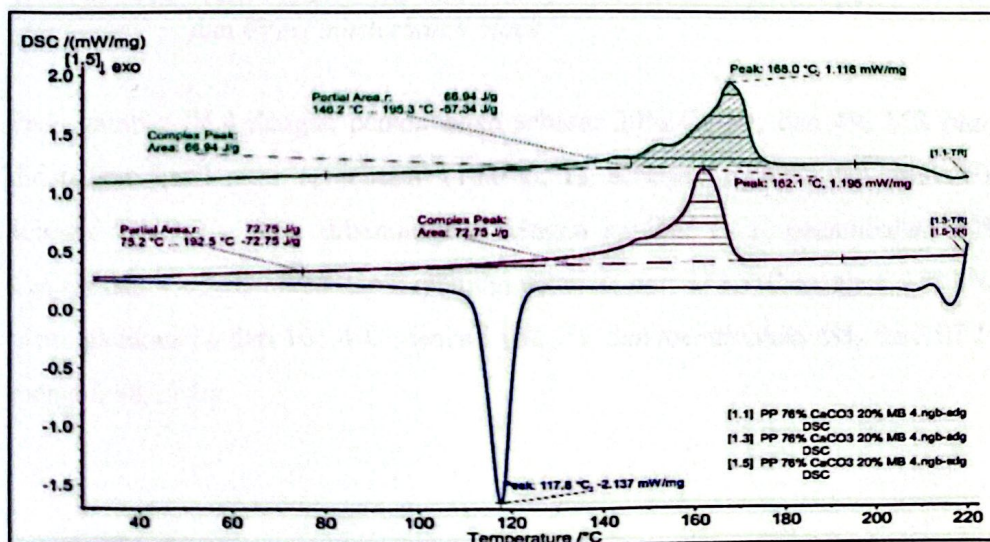
Gambar IV.1 Termogram DSC polipropilena

Hasil dari termogram DSC menampilkan proses eksotermik yang ditandai dengan adanya puncak dan proses endotermis ditandai dengan adanya lembah. Pada gambar IV.1 didapatkan hasil pengujian pada polipropilena murni yang memiliki nilai T_c sebesar 113,7°C, nilai T_m sebesar 161,4°C, dan nilai ΔH_m sebesar 107 J/g.



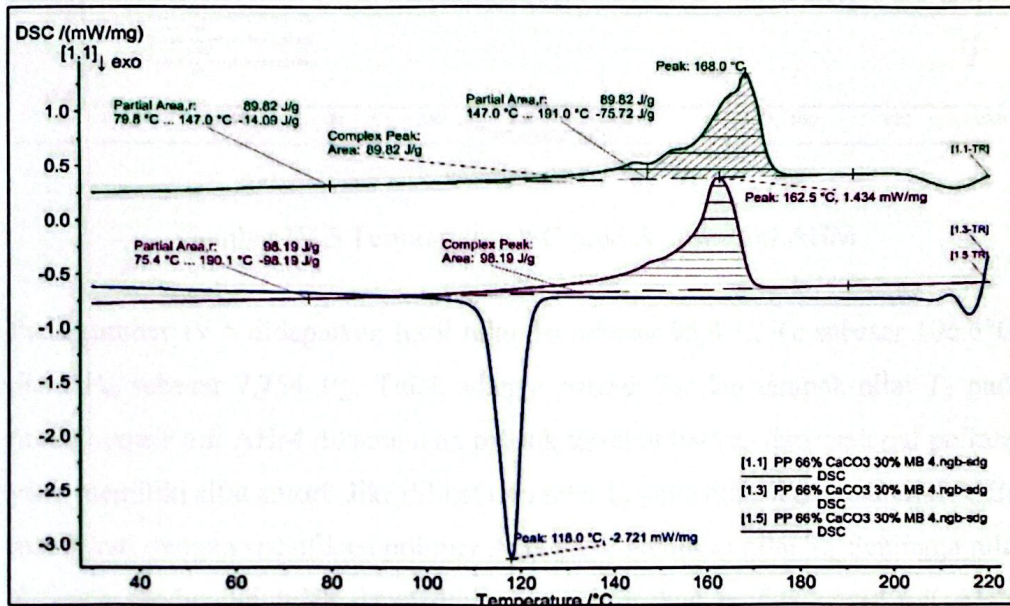
Gambar IV.2 Termogram DSC komposit polipropilena 86%wt, CaCO₃ 10%wt, dan 4%wt masterbatch black

Pada gambar IV.2 dengan penambahan sebesar 10% CaCO₃ dan 4% MB black didapatkan hasil nilai T_c sebesar 117,4°C, T_m sebesar 162,9°C, dan nilai ΔH_m sebesar 84,50 J/g. Jika dibandingkan dengan gambar IV.1, penambahan 10% CaCO₃ dan 4% MB black dapat meningkatkan T_c dari 113,7°C menjadi 117,4°C, meningkatkan T_m dari 161,4°C menjadi 162,9°C dan menurunkan ΔH_m dari 107 J/g menjadi 84,50 J/g.



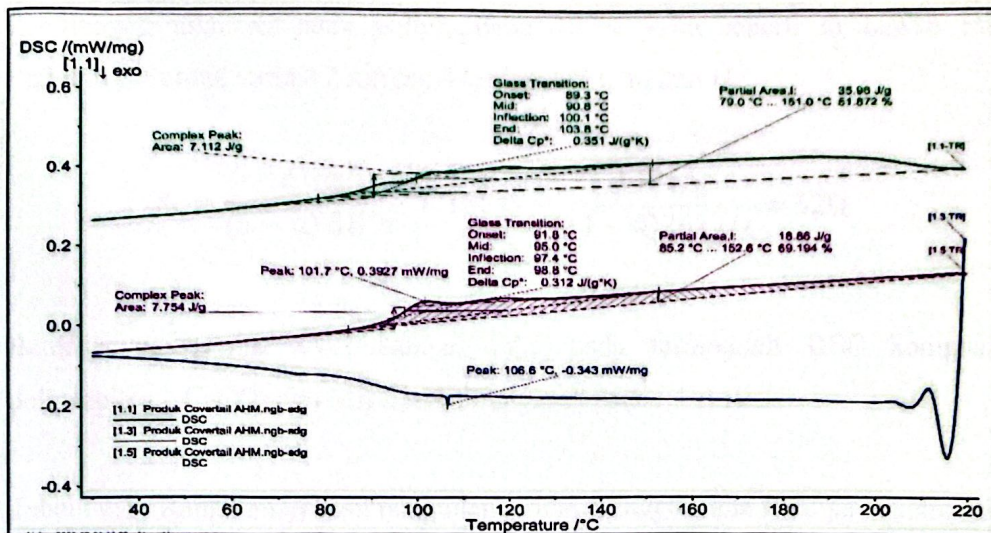
Gambar IV.3 Termogram DSC komposit polipropilena 76%wt, CaCO₃ 20%wt, dan 4%wt masterbatch black

Pada gambar IV.3 dengan penambahan sebesar 20% CaCO_3 dan 4% MB *black* didapatkan hasil nilai T_c sebesar $117,8^\circ\text{C}$, T_m sebesar $162,1^\circ\text{C}$, dan nilai ΔH_m sebesar $72,75 \text{ J/g}$. Jika dibandingkan dengan gambar IV.1, penambahan 20% CaCO_3 dan 4% MB *black* dapat meningkatkan T_c dari $113,7^\circ\text{C}$ menjadi $117,8^\circ\text{C}$, meningkatkan T_m dari $161,4^\circ\text{C}$ menjadi $162,1^\circ\text{C}$ dan menurunkan ΔH_m dari 107 J/g menjadi $72,75 \text{ J/g}$.



Gambar IV.4 Termogram DSC komposit polipropilena 66%wt, CaCO_3 30%wt, dan 4%wt *masterbatch black*

Pada gambar IV.4 dengan penambahan sebesar 30% CaCO_3 dan 4% MB *black* didapatkan hasil nilai T_c sebesar $118,0^\circ\text{C}$, T_m sebesar $162,5^\circ\text{C}$, dan nilai ΔH_m sebesar $98,19 \text{ J/g}$. Jika dibandingkan dengan gambar IV.1, penambahan 30% CaCO_3 dan 4% MB *black* dapat meningkatkan T_c dari $113,7^\circ\text{C}$ menjadi $118,0^\circ\text{C}$, meningkatkan T_m dari $161,4^\circ\text{C}$ menjadi $162,5^\circ\text{C}$ dan menurunkan ΔH_m dari 107 J/g menjadi $98,19 \text{ J/g}$.



Gambar IV.5 Termogram DSC produk *cover tail* AHM

Pada gambar IV.5 didapatkan hasil nilai T_g sebesar $95,0^{\circ}\text{C}$, T_c sebesar $106,6^{\circ}\text{C}$, dan ΔH_m sebesar $7,754 \text{ J/g}$. Tidak adanya puncak T_m dan tampak nilai T_g pada produk *cover tail* AHM dikarenakan produk tersebut berasal dari material polimer yang memiliki sifat amorf. Jika dilihat dari nilai T_g yang dihasilkan, material AHM mendekati dengan spesifikasi polimer ABS yaitu memiliki nilai T_g . Sehingga nilai X_c pada produk ini tidak dapat dihitung, dikarenakan produk *cover tail* AHM tersebut bersifat amorf. Kemungkinan hal ini sesuai dengan yang dikatakan pada penelitian Ehrenstein dkk., (2004) yaitu ABS merupakan polimer yang bersifat amorf, memiliki nilai T_g dan tidak memiliki T_m . Nilai T_g pada ABS yaitu -85°C atau $95-105^{\circ}\text{C}$.

Untuk mengetahui nilai X_c dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut yaitu : (Chafidz dkk., 2014)

$$X_c = \frac{\Delta H_m}{(1-\alpha) \Delta H^{\circ}_m} \times 100\% \quad (\text{IV.1})$$

Keterangan :

X_c = persentase kristalinitas (%)

ΔH_m = entalpi pelelehan (J/g)

ΔH°_m = entalpi pelelehan kristalisasi 100% polipropilena (J/g) = 207 J/g

α = fraksi massa CaCO_3 dan MB *black*

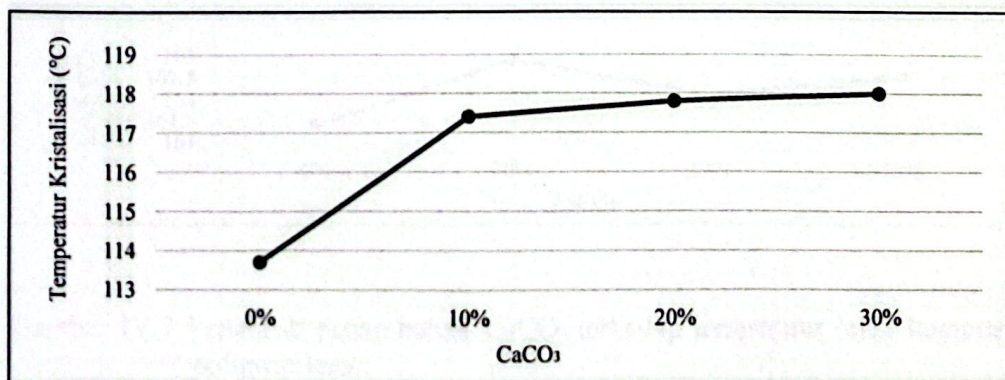
Perhitungan nilai X_c pada polipropilena 100% yaitu seperti di bawah ini. Perhitungan untuk variasi 2 sampai 4 terdapat di lampiran H.

$$X_c = \frac{\Delta H_m}{(1 - \alpha) \Delta H^{\circ}_m} \times 100\% = \frac{107 \text{ J/g}}{(1 - 0)207 \text{ J/g}} = 52\%$$

Berdasarkan gambar IV.1 sampai IV.5 pada termogram DSC komposit polipropilena, CaCO_3 dan MB *black* dirangkum pada tabel IV.1.

Tabel IV.1 Rangkuman hasil pengujian termal menggunakan DSC pada komposit polipropilena dan produk *cover tail* AHM

CaCO_3 (%wt)	MB <i>Black</i> (%wt)	Temperatur Kristalisasi ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatur Leleh ($^{\circ}\text{C}$)	Entalpi Pelelehan (J/g)	Kristalinitas (%)
0	0	113,7	161,4	107,00	52
10	4	117,4	162,9	84,50	47
20	4	117,8	162,1	72,75	46
30	4	118,0	162,5	98,19	72
Produk <i>cover tail</i> AHM		106,6	-	7,754	-



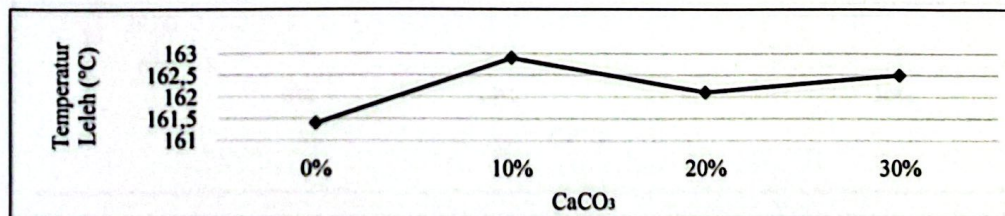
Gambar IV.6 Pengaruh penambahan CaCO_3 terhadap temperatur kristalisasi komposit polipropilena

Berdasarkan gambar IV.6 diketahui bahwa penambahan CaCO_3 dan MB *black* memiliki pengaruh yang cukup besar pada temperatur kristalisasi komposit polipropilena. Nilai T_c pada polipropilena murni sebesar $113,7^{\circ}\text{C}$. Pada

penambahan 10% CaCO_3 dan 4% MB *black* nilai T_c sebesar $117,4^\circ\text{C}$. Pada penambahan 20% CaCO_3 dan 4% MB *black* nilai T_c sebesar $117,8^\circ\text{C}$. Pada penambahan 30% CaCO_3 dan 4% MB *black* nilai T_c sebesar $118,0^\circ\text{C}$. Nilai T_c tertinggi dimiliki oleh komposit polipropilena dengan penambahan 30% CaCO_3 dan 4% MB *black*. Nilai T_c terendah dimiliki oleh polipropilena murni.

Penambahan CaCO_3 dan MB *black* dalam komposit polipropilena berfungsi untuk meningkatkan nilai T_c pada proses kristalisasi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Chafidz dkk., (2014) bahwa semakin besar penambahan CaCO_3 maka akan meningkatkan nilai T_c . Kenaikan nilai T_c disebabkan karena CaCO_3 dan MB *black* bertindak efektif sebagai agen nukleasi yang berperan pada proses kristalisasi.

Jika dibandingkan dengan nilai T_c pada produk *cover tail* AHM, komposit polipropilena dengan penambahan CaCO_3 dan MB *black* kemungkinan masih layak untuk digunakan. Karena nilai T_c pada komposit polipropilena memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan produk *cover tail* AHM

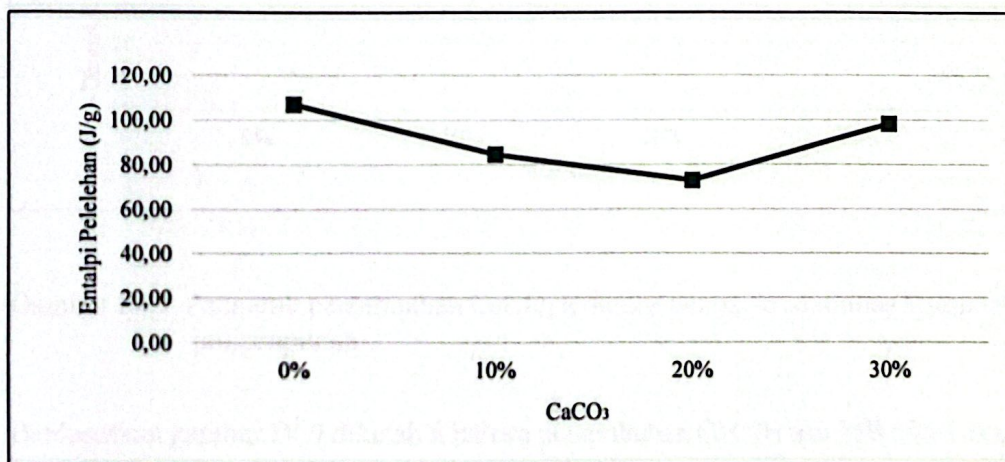


Gambar IV.7 Pengaruh penambahan CaCO_3 terhadap temperatur leleh komposit polipropilena

Berdasarkan gambar IV.7 diketahui bahwa penambahan CaCO_3 dan MB *black* memiliki pengaruh yang tidak begitu signifikan terhadap nilai T_m komposit polipropilena. Perbedaan nilai T_m pada tiap variasi yaitu sebesar $0,7-1,5^\circ\text{C}$. Nilai T_m pada polipropilena murni sebesar $161,4^\circ\text{C}$. Pada penambahan 10% CaCO_3 dan 4% MB *black* nilai T_m sebesar $162,9^\circ\text{C}$. Pada penambahan 20% CaCO_3 dan 4% MB *black* nilai T_m sebesar $162,1^\circ\text{C}$. Pada penambahan 30% CaCO_3 dan 4% MB

black nilai T_m sebesar $162,5^\circ\text{C}$. Nilai T_m tertinggi dimiliki oleh komposit polipropilena dengan penambahan 10% CaCO_3 dan 4% MB *black*. Nilai T_m yang terendah dimiliki oleh polipropilena murni.

Penambahan CaCO_3 dan MB *black* dapat meningkatkan sedikit nilai T_m pada komposit polipropilena. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Buasri dkk., (2012) bahwa penambahan CaCO_3 pada nanokomposit polipropilena memiliki nilai T_m yang serupa. Nilai T_m dipengaruhi oleh fleksibilitas rantai. Penambahan nano CaCO_3 yang menyebabkan berkurangnya fleksibilitas rantai dan dapat meningkatkan nilai T_m . Keteraturan rantai-rantai polimer disebabkan oleh tidak banyaknya cabang sehingga terjadi peningkatan nilai T_m dan menurunkan fleksibilitas (Balani dkk., 2015).

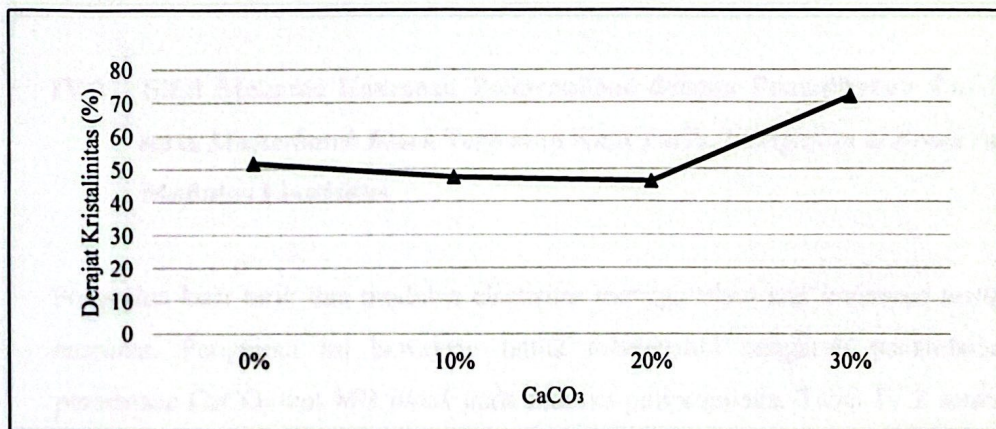


Gambar IV.8 Pengaruh penambahan CaCO_3 terhadap entalpi pelelehan komposit polipropilena

Berdasarkan gambar IV.8 diketahui bahwa penambahan CaCO_3 dan MB *black* akan menurunkan nilai entalpi pelelehan komposit polipropilena. Nilai ΔH_m pada polipropilena murni sebesar $107,00 \text{ J/g}$. Pada penambahan 10% CaCO_3 dan 4% MB *black* nilai ΔH_m sebesar $84,50 \text{ J/g}$. Pada penambahan 20% CaCO_3 dan 4% MB *black* nilai ΔH_m sebesar $72,75 \text{ J/g}$. Pada penambahan 30% CaCO_3 dan 4% MB *black* nilai ΔH_m sebesar $98,19 \text{ J/g}$. Nilai ΔH_m tertinggi dimiliki oleh polipropilena murni. Nilai ΔH_m yang terendah dimiliki oleh komposit polipropilena dengan penambahan 20%

CaCO₃ dan 4% MB *black*. Penambahan CaCO₃ dan MB *black* dapat menurunkan nilai ΔH_m pada saat proses pemanasan.

Jika dibandingkan dengan nilai ΔH_m pada produk *cover tail* AHM sebesar 7,754 J/g, komposit polipropilena dengan penambahan CaCO₃ dan MB *black* kemungkinan masih layak untuk digunakan. Karena nilai ΔH_m pada komposit polipropilena memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan produk *cover tail* AHM.



Gambar IV.9 Pengaruh penambahan CaCO₃ terhadap derajat kristalinitas komposit polipropilena

Berdasarkan gambar IV.9 diketahui bahwa penambahan CaCO₃ dan MB *black* akan menurunkan nilai derajat kristalinitas (X_c). Nilai X_c pada polipropilena murni sebesar 52%. Pada penambahan 10% CaCO₃ dan 4% MB *black* nilai X_c sebesar 47%. Pada penambahan 20% CaCO₃ dan 4% MB *black* nilai X_c sebesar 46%. Pada penambahan 30% CaCO₃ dan 4% MB *black* nilai X_c sebesar 72%. Nilai X_c tertinggi dimiliki oleh komposit polipropilena dengan penambahan 30% CaCO₃ dan 4% MB *black*. Nilai X_c yang terendah dimiliki oleh komposit polipropilena dengan penambahan 30% CaCO₃ dan 4% MB *black*.

Penurunan nilai X_c seiring bertambahnya berat CaCO₃ terjadi karena CaCO₃ yang terkonsentrasi pada bagian tertentu menyebabkan proses pembentuk struktur kristal akan terganggu. Akibat menurunnya kristalinitas pada matriks polipropilena,

nilai kuat tarik dari komposit polipropilena akan menjadi lebih rendah daripada nilai kuat tarik polipropilena murni. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Chafidz dkk., (2014) bahwa semakin besar penambahan CaCO_3 maka akan menurunkan nilai X_c , dikarenakan adanya sejumlah CaCO_3 yang terdispersi dan dapat membatasi pergerakan rantai polimer serta menghambat pertumbuhan kristal. Jika dibandingkan dengan produk *cover tail* AHM, komposit polipropilena dengan penambahan CaCO_3 dan MB *black* kemungkinan masih layak untuk digunakan. Karena pada komposit polipropilena memiliki susunan rantai polimer yang lebih teratur daripada produk *cover tail* AHM yang susunan rantai polimernya acak.

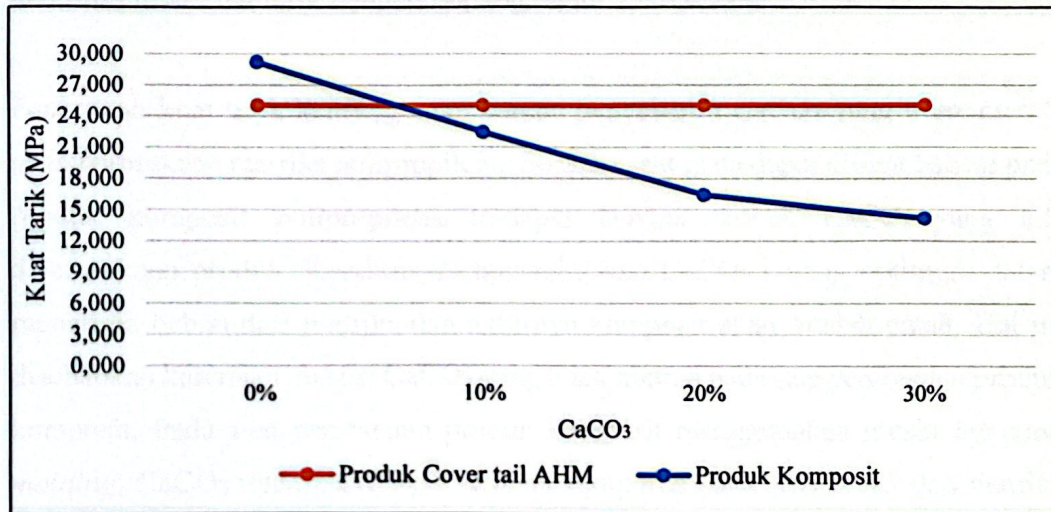
IV.2 Sifat Mekanis Komposit Polipropilena dengan Penambahan CaCO_3 serta *Masterbatch Black* Terhadap Kuat Tarik, *Elongation at Break* dan Modulus Elastisitas

Pengujian kuat tarik dan modulus elastisitas menggunakan alat *universal testing machine*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan persentase CaCO_3 dan MB *black* pada matriks polipropilena. Tabel IV.2 sampai IV.4 menunjukkan hasil dari kuat tarik, *elongation at break* dan modulus elastisitas setiap variasi penelitian serta produk *cover tail* AHM. Gambar IV.10 sampai IV.12 menunjukkan pengaruh penambahan persentase CaCO_3 terhadap kuat tarik, *elongation at break* dan modulus elastisitas pada komposit polipropilena serta produk *cover tail* AHM. Nilai kuat tarik, *elongation at break* dan modulus elastisitas yang ditunjukkan pada Gambar IV.10 sampai IV.12 merupakan nilai rata-rata dari lima spesimen uji.

Tabel IV.2 Nilai kuat tarik dari komposit polipropilena dan *cover tail* AHM

Variasi	Kuat Tarik (MPa)					
	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Spesimen 4	Spesimen 5	Rata-rata
100% PP	28,663	28,936	29,206	30,327	28,819	29,190
86%PP/10% CaCO_3 /4 % MB	22,292	22,939	22,744	22,094	22,147	22,443

Variasi	Kuat Tarik (MPa)					
	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Spesimen 4	Spesimen 5	Rata-rata
66%PP/30% CaCO ₃ /4% MB	11,882	13,758	16,014	15,696	13,412	14,152
Produk AHM	26,028	25,020	24,894	23,729	25,729	25,079



Gambar IV.10 Pengaruh penambahan CaCO₃ terhadap kuat tarik pada komposit polipropilena

Berdasarkan hasil pengujian yang terdapat pada gambar IV.10 menunjukkan bahwa dengan penambahan persentase CaCO₃ dan MB *black* akan menurunkan nilai kuat tarik. Nilai kuat tarik pada polipropilena murni sebesar 29,190 MPa. Pada penambahan 10% CaCO₃ dan 4% MB *black* nilai kuat tarik sebesar 22,443 MPa. Pada penambahan 20% CaCO₃ dan 4% MB *black* nilai kuat tarik sebesar 16,441 MPa. Pada penambahan 30% CaCO₃ dan 4% MB *black* nilai kuat tarik sebesar 14,152 MPa. Nilai kuat tarik pada produk *cover tail* AHM sebesar 25,079 MPa.

Nilai kuat tarik yang terendah dimiliki oleh komposit polipropilena dengan penambahan 30% CaCO₃ dan 4% MB *black*. Nilai kuat tarik tertinggi dimiliki oleh polipropilena murni. Nilai kuat tarik polipropilena murni tersebut memiliki kesamaan dengan kuat tarik yang dijelaskan oleh Chafidz dkk.,(2014) bahwa kuat tarik tertinggi yaitu tanpa penambahan CaCO₃.

Kuat tarik dari polipropilena murni memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan produk *cover tail* AHM. Komposit polipropilena memiliki nilai kuat tarik yang lebih rendah jika dibandingkan dengan kuat tarik pada produk *cover tail* AHM. Hal ini kemungkinan disebabkan dari jenis material maupun aditif pada produk *cover tail* AHM berbeda dengan material pada penelitian ini, seperti pada identifikasi sifat termal menggunakan DSC. Menurut Wypych (2016) bahwa ABS memiliki nilai kuat tarik dengan rentang yaitu 25–65 MPa.

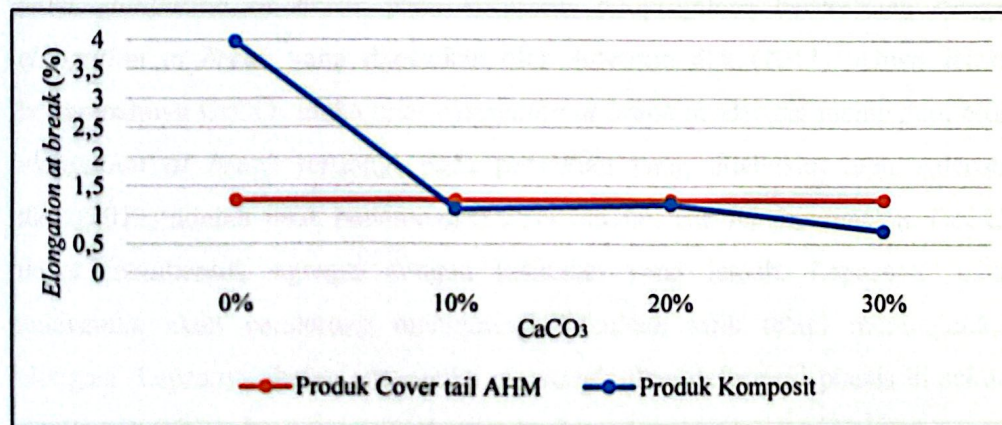
Penurunan kuat tarik kemungkinan karena penyebaran CaCO_3 yang tidak merata pada permukaan matriks polipropilena. Secara kasat mata dapat dilihat bahwa pada produk komposit polipropilena terdapat banyak serbuk CaCO_3 yang ada dipermukaan produk. Keadaan ini menyebabkan CaCO_3 kurang optimum dalam menerima beban dari matriks dan akhirnya komposit akan mudah patah. Hal ini disebabkan karena distribusi CaCO_3 yang tidak merata pada saat pembuatan produk komposit. Pada saat pembuatan produk komposit menggunakan mesin *injection molding*, CaCO_3 tidak bercampur dengan sempurna pada MB *black* dan matriks polipropilena.

Dengan penambahan jumlah CaCO_3 yang besar, maka akan menurun nilai kekuatan tariknya. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Chafidz dkk.,(2014) bahwa penambahan jumlah CaCO_3 memungkinkan akan menghasilkan adhesi antarmuka yang lemah antara matriks polimer dan bahan pengisi. Kuat tarik sangat bergantung pada adhesi antarmuka antara matriks polimer dan bahan pengisi dikarenakan tingginya kecenderungan bahan pengisi yang menggumpal.

Ketika adhesi lemah, aglomerasi pada bahan pengisi akan mudah dilepaskan dari matriks polimer dan tidak mampu menahan beban saat tekanan diberikan. Sehingga akan menurunkan nilai kuat tarik. Dispersi pada CaCO_3 juga harus merata, untuk menghindari terbentuknya gumpalan yang nantinya akan menimbulkan retakan pada komposit. (Chafidz dkk., 2014).

Tabel IV.3 Nilai *elongation at break* dari komposit polipropilena dan *cover tail* AHM

Variasi	<i>Elongation at break</i> (%)					
	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Spesimen 4	Spesimen 5	Rata-rata
100% PP	3,587	4,877	3,743	4,010	3,615	3,966
86%PP/10% CaCO ₃ /4 % MB	0,724	0,984	1,510	1,332	0,952	1,100
76%PP/20% CaCO ₃ /4 % MB	1,126	0,721	1,597	1,266	1,165	1,175
66%PP/30% CaCO ₃ /4% MB	0,352	1,110	1,071	0,698	0,369	0,720
Produk AHM	1,370	1,012	1,277	0,989	1,663	1,262



Gambar IV.11 Pengaruh penambahan CaCO₃ terhadap *elongation at break* pada komposit polipropilena

Berdasarkan hasil pengujian yang terdapat pada gambar IV.11 menunjukkan bahwa dengan penambahan persentase CaCO₃ dan MB *black* akan cenderung menurunkan *elongation at break*. Nilai *elongation at break* pada polipropilena murni sebesar 3,966%. Pada penambahan 10% CaCO₃ dan 4% MB *black* nilai *elongation at break* sebesar 1,100%. Pada penambahan 20% CaCO₃ dan 4% MB *black* nilai *elongation at break* sebesar 1,175%. Pada penambahan 30% CaCO₃ dan 4% MB *black* nilai

elongation at break sebesar 0,720%. Nilai *elongation at break* pada produk *cover tail* AHM sebesar 1,262%.

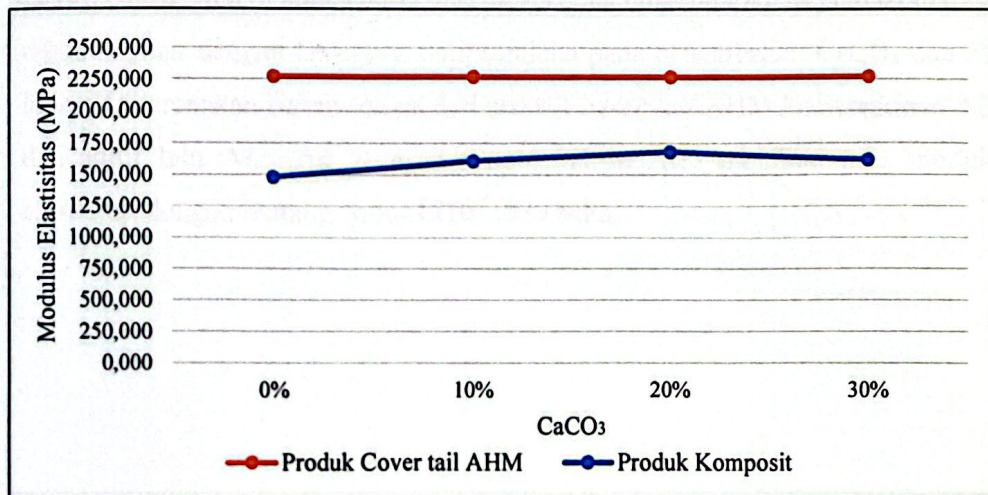
Nilai *elongation at break* yang terendah dimiliki oleh komposit polipropilena dengan penambahan 30% CaCO₃ dan 4% MB *black*. Nilai *elongation at break* tertinggi dimiliki oleh polipropilena murni. *Elongation at break* dari polipropilena murni memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan produk *cover tail* AHM. Komposit polipropilena memiliki nilai *elongation at break* yang lebih rendah jika dibandingkan dengan produk *cover tail* AHM. Polipropilena murni bersifat elastis dibandingkan produk komposit, karena nilai *elongation at break* lebih tinggi. Komposit polipropilena bersifat getas karena nilai *elongation at break* nya rendah

Nilai *elongation at break* pada komposit polipropilena berlawanan dengan *elongation at break* yang dijelaskan oleh Adeosun dkk.,(2013) bahwa seiring bertambahnya CaCO₃ maka nilai *elongation at break* cenderung meningkat. Nilai *elongation at break* tertinggi pada penelitian yang dilakukan oleh Adeosun dkk.,(2013) adalah pada penambahan 25% CaCO₃. Hal ini dikarenakan CaCO₃ dapat membentuk agregat dengan kekuatan yang lemah. Lepasnya ikatan antarmuka akan cenderung mengurangi kekuatan tarik tetapi meningkatkan elongasi. Lepasnya ikatan antarmuka memungkinkan deformasi plastis di sekitar partikel CaCO₃, sehingga meningkatkan keuletan komposit.

Tabel IV.4 Nilai modulus elastisitas dari komposit polipropilena dan *cover tail* AHM

Variasi	Modulus Elastisitas (MPa)					Rata-rata
	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Spesimen 4	Spesimen 5	
100% PP	1427,188	1449,672	1513,331	1575,54	1438,409	1480,828
86%PP / 10% CaCO ₃ /4% MB	1552,782	1742,675	1525,409	1622,722	1604,704	1609,658
76%PP / 20% CaCO ₃ /4% MB	1468,042	1911,492	1480,999	1929,561	1618,791	1681,777

Variasi	Modulus Elastisitas (MPa)					
	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Spesimen 4	Spesimen 5	Rata-rata
66%PP / 30% CaCO ₃ / 4 % MB	1540,466	1385,938	1648,582	1665,633	1830,078	1614,139
Produk AHM	2409,305	2206,781	2236,261	2193,158	2352,234	2279,548



Gambar IV.12 Pengaruh penambahan CaCO₃ terhadap modulus elastisitas pada komposit polipropilena

Pada gambar IV.11 menunjukkan bahwa dengan penambahan persentase CaCO₃ dan MB *black* akan meningkatkan nilai modulus elastisitas. Nilai modulus elastisitas pada polipropilena murni sebesar 1480,828 MPa. Pada penambahan 10% CaCO₃ dan 4% MB *black* nilai modulus elastisitas sebesar 1609,658 MPa. Pada penambahan 20% CaCO₃ dan 4% MB *black* nilai modulus elastisitas sebesar 1681,777 MPa. Pada penambahan 30% CaCO₃ dan 4% MB *black* nilai modulus elastisitas sebesar 1614,139 MPa. Nilai modulus elastisitas pada produk *cover tail* AHM sebesar 2279,548 MPa.

Nilai modulus elastisitas yang terendah dimiliki oleh polipropilena murni. Nilai modulus elastisitas tertinggi dimiliki oleh komposit polipropilena dengan penambahan 20% CaCO₃ dan 4% MB *black*. Nilai modulus elastisitas tertinggi dari komposit polipropilena tersebut memiliki kesamaan dengan modulus elastisitas

yang dijelaskan oleh Chafidz dkk.,(2014) bahwa modulus elastisitas tertinggi yaitu dengan penambahan 15% CaCO₃.

Modulus elastisitas polipropilena akan meningkat oleh partikel CaCO₃, yang membuktikan bahwa kekakuan polipropilena ditingkatkan dengan partikel CaCO₃. Modulus elastisitas mewakili kekakuan dan elastisitas material. (Chafidz dkk., 2014). Untuk nilai modulus elastisitas dari produk *cover tail* AHM jauh lebih tinggi dibandingkan dengan komposit polipropilena pada penambahan CaCO₃ dan MB *black*. Dikarenakan bahan utama dari produk *cover tail* AHM kemungkinan ABS dan aditif lain. Menurut Wypych (2016) bahwa ABS memiliki nilai modulus elastisitas dengan rentang yaitu 1810–1939 MPa.

Bab V Penutup

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa penambahan CaCO_3 dan *masterbatch black* pada komposit polipropilena memberikan pengaruh pada sifat termal dan mekanis sebagai berikut :

1. Penambahan persentase CaCO_3 dan MB *black* dalam komposit polipropilena menimbulkan pengaruh terhadap sifat termal:
 - a. nilai temperatur kristalisasi dan temperatur pelelehan komposit polipropilena akan mengalami peningkatan,
 - b. nilai entalpi pelelehan dan kristalinitas komposit polipropilena akan cenderung mengalami penurunan tetapi tidak signifikan,
2. Penambahan persentase CaCO_3 dan MB *black* dalam komposit polipropilena menimbulkan pengaruh terhadap sifat mekanis:
 - a. nilai kuat tarik dan *elongation at break* komposit polipropilena akan mengalami penurunan,
 - b. nilai modulus elastisitas komposit polipropilena akan mengalami peningkatan.

V.2 Saran

1. Menggunakan *extruder machine* terlebih dahulu untuk mencampurkan antara resin PP, CaCO_3 dan MB *black* agar tercampur secara merata.
2. Menambahkan zat aditif lain yaitu *coupling agent* untuk memperkuat sifat mekanis dari komposit polipropilena.
3. Perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui komposisi kimia yang ada pada MB *black* menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Dan juga pengujian menggunakan Spektrofotometer untuk mengukur kepekatan warna.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeosun, O. S., Usman, A. M., Ayoola, A. W., dan Bodude, A. M. (2013): Physico-Mechanical Responses Of Polypropylene-CaCO₃ Composite, *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, Nigeria, 145-152.
- Ahmed, S. I., Shamey, R., Christie, M. R., dan Mather, R. R. (2006): Comparison of Performance of Selected Powder and Masterbatch Pigment on Mechanical Properties of Mass Coloured Polypropylene Filaments, *John Wiley and Sons, Inc.*
- Altenbach, H., Altenbach, J., dan Kissing, W. (2004): *Mechanics of Composites Structural Elements*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Ambrogio, V., Carfagna, C., Cerruti, P., dan Marturano, V. (2017): Modification of Polymer Properties, *Elsevier Publisher*, 87 – 108.
- ASTM D638. (2014): Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. *ASTM International*, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- ASTM D3418. (2015): Standard Test Method for Transition Temperatures and Enthalpies of Fusion and Crystallization of Polymers by Differential Scanning Calorimetry, *ASTM International*, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- Baker, A. M., Mead, J., dan Harper, C. A. (2004): *Handbook of Plastics, Elastomers, and Composites 4th ed*, McGraw-Hill Companies.
- Balani, K., Verma, V., Agarwal, A., dan Narayan, R. (2015): *A Materials Science and Engineering Perspective 1th ed*, John Wiley & Sons, Inc.
- Bryce, M. D. (1997): *Plastic Injection Molding*, Society of Manufacturing Engineers, Michigan. 1 – 34.
- Buasri, A., Chaiyut, N., Borvornchettanuwat, K., Chantanachai, N., dan Thonglor, K. (2012): Thermal dan Mechanical Properties of Modified CaCO₃/PP Nanocomposites, *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, Thailand.
- Carraher, C. E. (2003): *Polymer Chemistry 6th ed, Revised and Expanded*, Marcel Dekker Inc, New York.
- Chafidz, A., Kaavessina, M., Zahrani, S. A., dan Otaibi, M. N. A (2014) : Rheological and Mechanical Properties of Polypropylene/Calcium Carbonate Nanocomposites Prepared From Masterbatch, *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 1-30.
- Crawford, B. C. (2017): *Microplastic Pollutants*, Elsevier Publisher, Netherlands, 57 – 100.
- Ehrenstein, G. W., Riedel, G., dan Trawiel, P. (2004) : *Thermal Analysis of Plastics*, Carl Hanser Verlag, Munich.
- Gabbot, P. (2008): *Principle and Applications of Thermal Analysis 1st ed*, Blackwell Publishing Ltd, India.
- Gahleitner, M., dan Paulik, C. (2017): *Polypropylene and Other Polyolefins*, Brydson's Plastics Materials, 279-309.
- Gaisford, S, Kett, V., dan Haines, P, (2016): *Principles of Thermal Analysis and Calorimetry 2nd Ed*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, United Kingdom, 67 – 103.

- Gürses, A., Acikyldiz, M., Günes, K., dan Gürses, S. M. (2016): *Dyes and Pigments*, Springer Briefs in Molecular Science, Switzerland, 13 – 29.
- Karian, H.G. (2003): *Handbook of Polypropylene and Polypropylene Composites*, Marcel Dekker Inc, 270 Madison Avenue, New York.
- Kodre, K. V., Attarde, S R., Yendhe, P R., Patil, R Y., dan Barge, V U. (2004): *Differential Scanning Calorimetry : A Review*, *Journal of Pharmaceutical Analysis*, India.
- Kong, Y., dan Hay, J. N. (2002): *The Measurement of The Crystallinity of Polymers by DSC*, *Elsevier Science Ltd*, Birmingham, United Kingdom.
- Kutz, M. (2017) : *Applied Plastics Engineering Handbook 2th ed*, Elsevier Inc, United Kingdom, 27 – 53.
- Malloy, R. A. (2010): *Plastic Part Design for Injection Molding 2th ed*, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.
- Mohamed, R. R. (2017): *Colorant Materials, Additives in Plastic Technology*, *Springer-Verlag GmbH*, Germany.
- Müller, A. (2013): *Coloring of Plastics 1th ed*, Carl Hanser Verlag, Munich.
- Nofar, R. M., Ozgen, E., dan Girginer, B. (2019): *Injection Molded PP Composites Reinforced with Talc and Nanoclay for Automotive Applications*, *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, Istanbul Technical University, Maslak, Istanbul 34469, Turkey.
- Omari, M. M. H. Al., Rashid, I. S., Qinna, N. A., Jaber, A. M., dan Badwan, A. A. (2016): *Profile of Drug Substances, Excipients and Related Methodology*, Vol. 41, *Elsevier Publisher*, Burlington.
- Rosato, V. D., Rosato, V. D., dan Rosato, G. M. (2000): *Injection Molding Handbook 3th ed*, Springer Science and Business Media, Newyork.
- Sari, Kartika dan Satoto, R. (2010): *Analisis Korelasi Kondisi Pembuatan Film Polipropilena (PP) dan Sifat-sifat Mekanisnya dengan Metode Uji Tarik*, Program Studi Fisika, Jurusan MIPA, Universitas Jenderal Soedirman dan LIPI Bandung.
- Thenepalli, T., Jun, Y. A., Han, C., Ramakrishna, C., dan Ahn, W. J. (2015): *A Strategy of precipitated calcium carbonate (CaCO₃) Fillers for Enchancing The Mechanical Properties of Polypropylene Polymers*, *Journal The Korean Institute of Chemical Engineers*, Korea.
- Thomas, S., Kuruvilla, J., Sant, K. M., Koichi, G., dan Meyyarappallil S. S. (2012): *Polymer Composites 1st ed*, Wiley-VCH Verlag GmbH and Co. KGa.
- Weon, J. I. (2006): *Mechanical properties of talc and CaCO₃ reinforced high crystallinity polypropylene composites*, Polymer Technology Center, Department of Mechanical Engineering, Texas A & M University, Collee Station, Texas, USA.
- Wypych, G. (2016): *Handbook of Polymers 2th ed*, ChemTec Publishing, Canada.
- Yanto, H., Saputra, I., dan Satoto, S. A. (2018): *Analisa Pengaruh Temperatur dan Tekanan Injeksi Moulding Terhadap Cacat Produk*, *Jurnal Integrasi*, Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam.
- Zsiros, L., Torok, D., dan Kovacs, J. G. (2017): *The Effect of Masterbatch Recipes on The Homogenization Properties of Injection Molded Parts*, *International Journal of Polymer Science*, Hungary.

DAFTAR PUSTAKA

- Harahap, H. (2010).
Makalah
Pengaruh Budaya Kerja Terhadap Kinerja Pegawai
Kantor Kecamatan Kabupaten Pangasinan
Kediri, Jawa Timur. (Skripsi).
Pengaruh Budaya Kerja Terhadap Kinerja Pegawai
Kantor Kecamatan Kabupaten Pangasinan
Kediri, Jawa Timur.

LAMPIRAN

Lampiran A Lembar Bimbingan Tugas Akhir

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Haryati Yudi
NIM : 1516027
Judul : Sifat Termal dan Mekanis Komposit Polipropilena Dengan Penambahan Kalsium Karbonat (CaCO_3) serta *Masterbatch Black* Menggunakan *Injection Molding*
Pembimbing : 1. Fitria Ika Aryanti S.T., M.Eng
2. Andi Rusnaenah, S.T., M.T., M.Si

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
11-09-2019		Diskusi awal mengenai topik penelitian tugas akhir	
31-10-2019		Membahas jurnal penunjang terkait penelitian	
08-11-2019		Membahas lebih lanjut mengenai komposisi dan harga untuk bahan baku.	
03-12-2019	Bab I	Menentukan judul, rumusan masalah dan tujuan penelitian untuk proposal tugas akhir.	
15-01-2020	Bab I, II, III	Revisi pada cover dan isi dari proposal tugas akhir. Membicarakan tentang mengikuti praktikum prosesan polimer.	
19-02-2020		Membicarakan teknis pelaksanaan prosedur penelitian	
27-02-2020		Memisahkan massa tiap bahan baku berdasarkan variasi sampel.	
28-02-2020		Membicarakan untuk eksekusi penelitian. Untuk variasi 1 (PP murni 100%) diinjeksi dengan temperatur nozzle 210°C dan variasi tekanan 45, 55, 65, 75, 85 mPa, cari tekanan yang paling optimum (dilihat secara visual bagaimana bentuk produknya). Buat 1	

		sampel untuk diperlihatkan saat seminar dan 5 sampel untuk dicacah.	
22-04-2020	Bab I, II, III	Revisi terkait penyusunan laporan tugas akhir. Persiapan untuk membuat PPT Tugas Akhir	
27-04-2020		Mempresentasikan hasil PPT yang sudah dibuat. Isi dari PPT meliputi Bab I,II,III. Tanya jawab seputar penelitian. Sebagian hasil dari penelitian yang sudah dilakukan bisa dimasukkan ke BAB IV.	
15-05-2020	I,II,III,IV	Memperbaiki isi laporan tugas akhir yaitu pada bagian variabel bebas dan diagram alir penelitian. Memperbaiki isi dari PPT tugas akhir pada bagian tinjauan pustaka. Membahas mengenai grafik pada DSC dan UTM. Membicarakan terkait seminar tugas akhir.	
15-07-2020	I,II,III,IV,V	Memperbaiki judul, rumusan masalah dan tujuan penelitian pada Tugas Akhir. Memperbaiki grafik hasil pengujian dan pembahasan pada Bab IV. Memperbaiki kesimpulan dan saran pada Bab V	

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng
NIP. 198505112014022001

Andi Rusnaenah, S.T., M.T., M.Si
NIP. 197407192011012001

Menyetujui,
Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer

Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng
NIP. 198505112014022001

Nomor : ~~009~~ /BPSDMI/STMI/PP/II/2020
Lampiran : 1 (satu)
Hal : Penugasan Proses Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2019/2020

Jakarta, 30 Januari 2020

Yth. Ibu Fitria Ika Aryanti, S.T., M. Eng
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/BPSDMI/STMI/PP/KEP/II/2020 tanggal 02 Januari 2020 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2019/2020, 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 : Haryati Yudi
No. Induk : 1516027

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

" Pengaruh Penambahan Filler serta Masterbatch Black terhadap Sifat Termal dan Sifat Mekanis Komposit Polipropilena Pada Proses Injection Molding . "

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

Direktur,

Mustofa

Tembusan:

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



Nomor : 009/BPSDMI/STMI/II/2020
Lampiran : 1 (satu)
Perihal : Asistensi Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2019/2020

Jakarta, 30 Januari 2020

Yth. Ibu Andi Rusnaenah, ST, MT, M.Si
Di Jakarta

Berdasarkan Surat Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta No: 01/BPSDMI/STMI/PP/KEP/II/2020 tanggal 02 Januari 2020 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Asisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta, Tahun Akademik 2019/2020, 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 : Haryati Yudi
No. Induk : 1516027

Adapun judul Tugas Akhir mahasiswa tersebut adalah:

" Pengaruh Penambahan Filler serta Masterbatch Black terhadap Sifat Termal dan Sifat Mekanis Komposit Polipropilena Pada Proses Injection Molding . "

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

Pil. Direktur 

Mustofa

Tembusan:

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

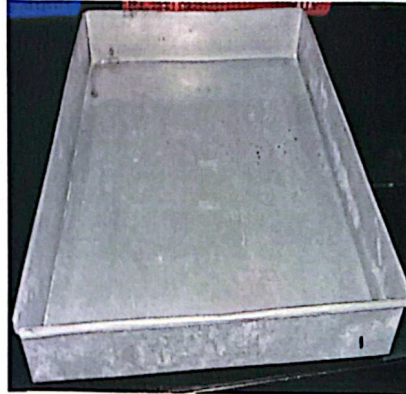


Lampiran C Gambar Alat

Alat Preparasi Kalsium Karbonat (CaCO_3)



Neraca Digital

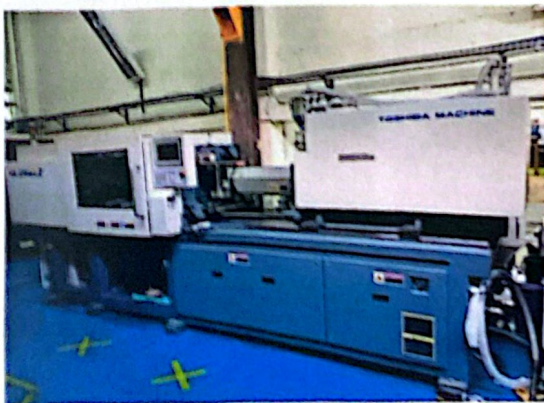


TSpesimen Komposit



Oven

Alat Pembuatan Produk Komposit



Injection Molding

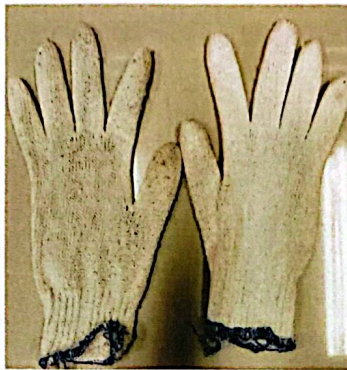


Granulator

Alat Pembuatan Lembaran Komposit dan Spesimen



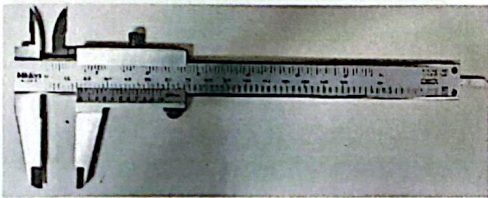
Teflon



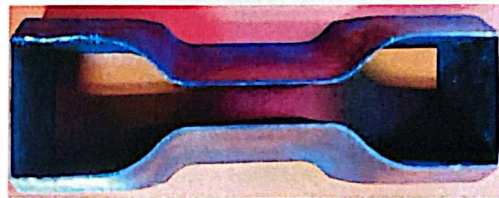
Sarung Tangan Kain



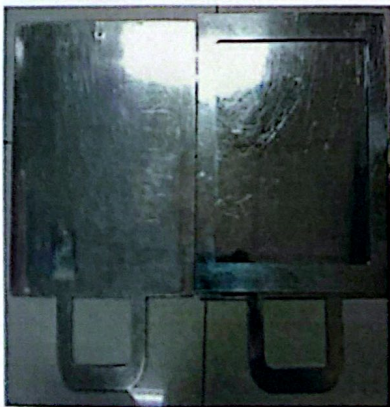
Sarung Tangan Kulit



Jangka Sorong



Pemotong spesimen



Palet logam

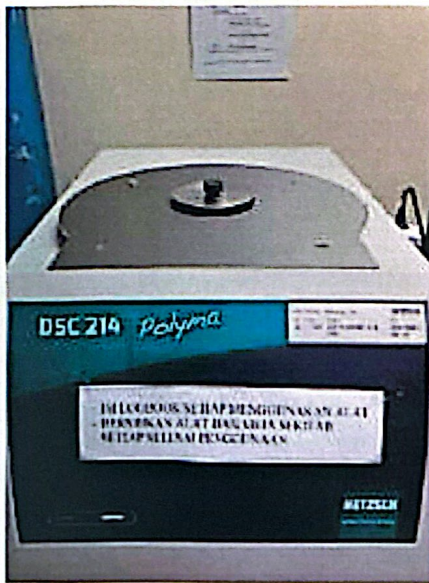


*Manual Forming
Machine*



*Pneumatic Specimen
Punch*

Alat Pengujian Termal dan Mekanis



Differential Scanning Calorimetry (DSC)



Universal Testing Machine (UTM)

Lampiran D Gambar Bahan



Polipropilena



Masterbatch Black



Kalsium Karbonat (CaCO₃)

Lampiran E Technical Data Sheet Bahan

A. Technical Data Sheet dari Polipropilena



Homopolymer Polypropylene

Technical Data Sheet (TDS)

HI10HO

Injection Molding

Product Description:

Trilene® HI10HO is a homopolymer polypropylene resin which is supplied in natural pellet form and suitable for general purpose injection molding applications, housewares, closures, containers and toys requiring excellent physical properties, stiffness, gloss and process-ability.

Product Characteristics:

- Excellent physical properties
- High stiffness
- High gloss
- Good process-ability

Applications:

- Housewares, closures, containers and toys
- General purpose injection molding applications

Physical Properties	Test Method*	Unit	Value
Melt Flow Rate (230 °C / 2.16 kg)	ASTM D 1238	g/10 min	10
Density	ASTM D 792	g/cm ³	0.9
Tensile Yield Strength (@50 mm/min)	ASTM D 638	MPa	35
Tensile Yield Elongation	ASTM D 638	%	13
Flexural Modulus (@1.3 mm/min)	ASTM D 790A	MPa	1,500
Notched Izod Impact Strength (@23 °C)	ASTM D 256	J/m	30
Hardness, Rockwell	ASTM D 785	R-Scale	90
Deflection Temperature (@0.455 MPa)	ASTM D 648	°C	104
Vicat Softening Temperature	ASTM D1525B	°C	152
Melting Temperature	ASTM D 3418	°C	163

*Polypropylene tested per ASTM D 4101

Conversion: 1 MPa = 10.2 kgf/cm²
1 kJ/m² = 0.01 kgf.cm/mm²

Recommended Processing Conditions:

Melt Temperature.....220-250 °C
Chill Roll Temperature.....20-40 °C

Product Available Form:

Natural pellet

Packaging:

25 kg woven bag

Safety:

- The product is not classified as a hazardous material.
- Please refer to our Safety Data Sheet (SDS) for details on various aspects of safety, recovery and disposal of the product.

B. Technical Data Sheet dari Kalsium Karbonat (CaCO₃)



PT OMYA INDONESIA



OMYACARB 6 - GD

OMYACARB 6 - GD is a fine Calcium Carbonate powder, manufactured from selected high purity limestone. It is widely used, particularly in the paint and plastic industries where consistent particle size distribution and low oil absorption powder properties are required.

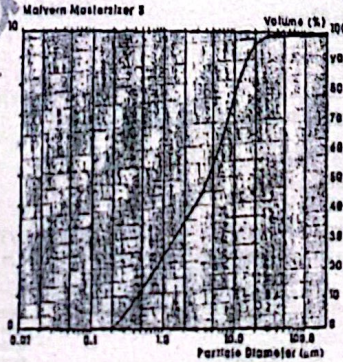
CHEMICAL ANALYSIS OF THE RAW MATERIAL:	CaCO ₃	≥ 98.5 %
	MgCO ₃	≤ 1.5 %
	Fe ₂ O ₃	≤ 0.03 %
	HCl insoluble content	≤ 0.20 %

PHYSICAL PROPERTIES OF THE RAW MATERIAL:	Density (ISO 787/10)	2.7
	Refractive Index	1.59
	Hardness (Mohs)	3.0

PHYSICAL PROPERTIES OF THE PRODUCT:	- Fineness:	
	* Top Cut (d98%)	25.0 μm
	* Mean Particle Size (d50%)	4.0 μm
	- Residue on 45 μm sieve (ISO 787/7)	≤ 0.20 %
	- Brightness (By C/2°, DIN 5035)	91.0 %
	- Moisture Content (ISO 787/2)	≤ 0.3 %
	- Loose Bulk Density	0.8 g/ml
	- Packed Bulk Density (ISO 787/11)	1.2 g/ml
	- Oil Absorption (ISO 787/5)	18.0 g/100 g
- DCP Absorption (ISO 787/6)	25.0 g/100 g	

APPLICATIONS:

- Paints:
 - * Interior & Exterior emulsion paint
 - * Road marking paint
- Plastics:
 - * PVC plastisols
 - * Floor/wall covering
 - * Thermosets
- Adhesive & sealant compounds



These data are based on routine measurement carried out to assure our product's quality. However, data do not reflect variations due to the natural and processed products which vary. This content by email or e-mailing.

Dr. Jaster Kristopo
JAKARTA

Dec 2009

C. Technical Data Sheet dari masterbatch black

无锡市锦飞进出口贸易有限公司
WUXI KING FISHER TRADE CO., LTD.
ROOM 4C2, NO. 333 ZHONGSHAN ROAD, WUXI CITY, CHINA
TEL: 86-510-82715977 FAX: 86-510-82716577

ANALYSIS CERTIFICATE

PLASTIC COLOR MASTERBATCH

PRODUCT DATA SHEET

TO WHOM IT MAY CONCERN

Product name: BLACK MC-9010 Batch number: 0903240205
Quantity(KG): 6000

Form: Pellet Melt flow index(g/10mins): 3
Melt temperature: 125°C Water ratio(%): 0.30Max
Let down(%): 1-5 Main application: Blowing, Injection, Extrusion
Type: LLDPE&LDPE

COLOR COMPOSITION

Ash content at 20.0% ± 3%
Carbon black pigment equivalent is at approximately 40.0% ± 3%

ADDITIVE

Antistatic [-]
U.v [-]
Others [-]

PACKING

The packing is 25KG paper-plastic compound bag. Please store in the dry place.

REMARKS

Usage for coloration of blow film, bottles, drums, houseware etc.

The above information is given based on our present state of knowledge. As there are numerous variation in industrial practice, the information as given is without obligation and liability of whatever on our part.

无锡市锦飞进出口贸易有限公司
WUXI KING FISHER TRADE CO., LTD.

锦飞

Lampiran F Analisis Kadar Air pada CaCO₃

Kadar air adalah ukuran kelembaban yang ada pada suatu material. Kadar air memiliki pengaruh terhadap sifat mekanik polimer. Kelebihan kadar air dapat menyebabkan degradasi material dan juga menyebabkan adanya gelembung pada produk komposit. Kadar air dalam sampel dihitung dengan menggunakan persamaan 1 yaitu :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{w_1 - (w_2 - w_3)}{w_1} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

W₁ = massa CaCO₃ sebelum dikeringkan (gram)

W₂ = massa CaCO₃ sebelum dikeringkan + tray (gram)

W₃ = massa tray (gram) = 159,06 gram

Tabel 1. Data perhitungan pengeringan CaCO₃

Waktu (menit)	Massa CaCO ₃ + tray (gram)	Massa CaCO ₃ (gram)	ΔW (gram)	Kadar air (%)
0	1302,27	1143,21	-	-
15	1142,75	983,69	159,52	0,14
30	1142,60	983,54	0,15	0,14
45	1142,60	983,54	0	0,14

Kadar air pada CaCO₃ :

- $\frac{w_1 - (w_2 - w_3)}{w_1} \times 100\% = \frac{1143,21 (1142,75 - 159,06) \text{ g}}{1143,21 \text{ g}} \times 100\% = 0,14\%$
- $\frac{w_1 - (w_2 - w_3)}{w_1} \times 100\% = \frac{1143,21 (1142,60 - 159,06) \text{ g}}{1143,21 \text{ g}} \times 100\% = 0,14\%$

Diketahui nilai kadar air CaCO₃ yang terdapat pada *technical data sheet* (lampiran E) sebesar 0,3%. Pada tabel 1 menunjukkan bahwa dengan pengeringan CaCO₃ selama 45 menit dapat menurunkan kadar air menjadi 0,14%.

Lampiran G Variasi Tekanan Injeksi pada *Injection Molding*

Tekanan injeksi merupakan tekanan yang diberikan saat menginjeksikan material ke dalam *mold*. Tekanan optimal dibutuhkan untuk mengetahui berapa besarnya tekanan yang akan menghasilkan produk sesuai dengan bentuk cetakan. Pada penelitian ini terdapat 5 variasi tekanan yang terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2 Variasi tekanan pada *injection molding*

No	Temperatur Nozzle (°C)	Tekanan (MPa)	Massa Produk (gram)	Keterangan
1	210	45	31,45	NG
2	210	55	33,16	G
3	210	65	33,90	NG
4	210	75	37,31	NG
5	210	85	39,38	NG

Material polipropilena murni digunakan sebagai bahan baku menentukan tekanan injeksi yang optimal pada *injection molding*. Tekanan injeksi yang optimal dapat ditinjau secara visual dengan melihat bentuk dari produk komposit yang dihasilkan. Pada Tabel 2 didapatkan hasil bahwa pada tekanan injeksi sebesar 55 MPa menghasilkan produk komposit yang bentuknya sesuai dengan *mold* atau kondisi produknya *good* (G). Sedangkan untuk tekanan sebesar 45 MPa, 65 MPa, 75 MPa dan 85 MPa menghasilkan produk komposit yang tidak sesuai dengan ukuran *mold* atau kondisi produknya *not good* (NG).



Gambar 1. Produk komposit dengan tekanan sebesar 55 MPa



Gambar 2. Produk komposit dengan tekanan sebesar 75 MPa

Pada gambar 1 terlihat bahwa produk komposit dengan tekanan injeksi sebesar 55 MPa menghasilkan bentuk yang sempurna. Pada gambar 2 terlihat bahwa produk komposit dengan tekanan injeksi sebesar 75 MPa menghasilkan bentuk yang tidak sempurna, dapat dilihat dengan adanya material berlebih di sisi produk. Bentuk produk komposit yang menggunakan tekanan injeksi sebesar 45 MPa menghasilkan produk yang berukuran setengah dari *mold*. Produk komposit dengan tekanan injeksi sebesar 65 MPa menghasilkan sedikit sekali material berlebih. Dan produk komposit yang menggunakan tekanan injeksi sebesar 85 MPa menghasilkan banyak sekali material berlebih. Hal ini disebabkan karena tekanan yang tinggi akan menghasilkan material berlebih, bahkan bisa mengakibatkan kerusakan pada *mold*. Sebaliknya jika tekanan terlalu rendah akan membuat produk tidak terisi penuh di dalam *mold*. Perlunya dilakukan percobaan pendahuluan agar mengetahui berapa besarnya tekanan yang tepat untuk membuat bentuk dari produk komposit terlihat sempurna.

Lampiran H Gambar Produk Komposit Polipropilena



Produk polipropilena murni



**Produk komposit polipropilena 10%
CaCO₃ 4% MB Black**



**Produk komposit polipropilena 20%
CaCO₃ 4% MB Black**



**Produk komposit polipropilena 30%
CaCO₃ 4% MB Black**



Produk cover tail AHM

Lampiran I Perhitungan Pada Pengujian Termal

1. Perhitungan Fraksi Massa CaCO₃ dan MB *black* pada komposit polipropilena

- a. Fraksi massa 10% CaCO₃ dan 4% MB *black* pada komposit polipropilena

$$= \frac{\text{massa CaCO}_3 + \text{massa MB black}}{\text{massa CaCO}_3 + \text{massa MB black} + \text{massa PP}} = \frac{150 \text{ gr} + 60 \text{ gr}}{150 \text{ gr} + 60 \text{ gr} + 1290 \text{ gr}} = 0,14$$

- b. Fraksi massa 20% CaCO₃ dan 4% MB *black* pada komposit polipropilena

$$= \frac{\text{massa CaCO}_3 + \text{massa MB black}}{\text{massa CaCO}_3 + \text{massa MB black} + \text{massa PP}} = \frac{300 \text{ gr} + 60 \text{ gr}}{300 \text{ gr} + 60 \text{ gr} + 1140 \text{ gr}} = 0,24$$

- c. Fraksi massa 30% CaCO₃ dan 4% MB *black* pada komposit polipropilena

$$= \frac{\text{massa CaCO}_3 + \text{massa MB black}}{\text{massa CaCO}_3 + \text{massa MB black} + \text{massa PP}} = \frac{450 \text{ gr} + 60 \text{ gr}}{450 \text{ gr} + 60 \text{ gr} + 990 \text{ gr}} = 0,34$$

2. Perhitungan derajat kristalinitas (X_c)

- a. 100% PP

$$X_c = \frac{\Delta H_m}{(1 - \alpha) \Delta H^{\circ}_m} \times 100\% = \frac{107 \text{ J/g}}{(1 - 0)207 \text{ J/g}} = 52\%$$

- b. 86% PP, 10% CaCO₃ dan 4% MB *black*

$$X_c = \frac{\Delta H_m}{(1 - \alpha) \Delta H^{\circ}_m} \times 100\% = \frac{84,5 \text{ J/g}}{(1 - 0,14)207 \text{ J/g}} = 47\%$$

- c. 76% PP, 20% CaCO₃ dan 4% MB *black*

$$X_c = \frac{\Delta H_m}{(1 - \alpha) \Delta H^{\circ}_m} \times 100\% = \frac{72,75 \text{ J/g}}{(1 - 0,24)207 \text{ J/g}} = 46\%$$

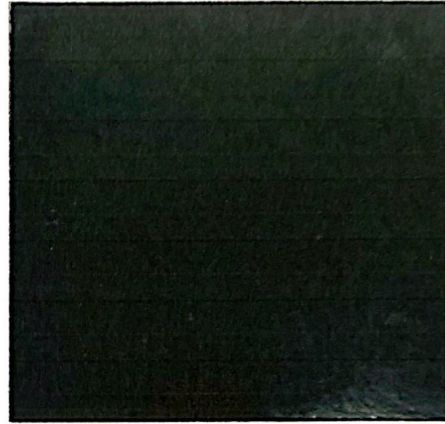
- d. 66% PP, 30% CaCO₃ dan 4% MB *black*

$$X_c = \frac{\Delta H_m}{(1 - \alpha) \Delta H^{\circ}_m} \times 100\% = \frac{98,19 \text{ J/g}}{(1 - 0,34)207 \text{ J/g}} = 72\%$$

Lampiran J Gambar Lembaran Komposit



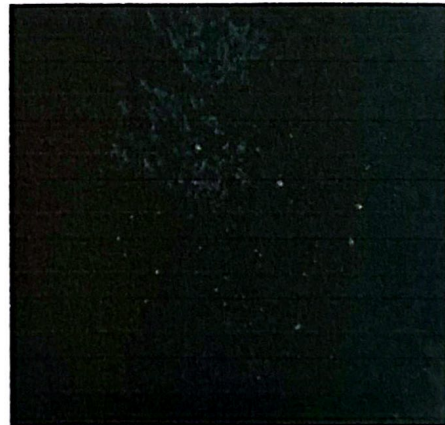
Lembaran Polipropilena



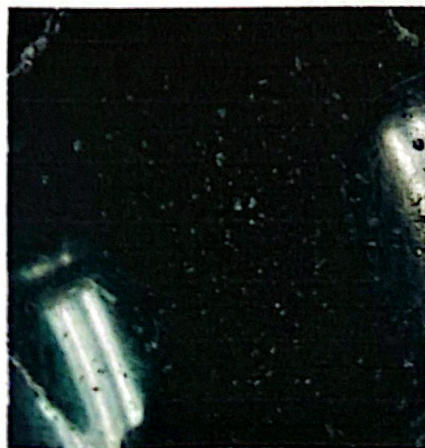
**Lembaran Komposit Polipropilena
10% CaCO₃ 4% MB Black**



**Lembaran Komposit Polipropilena
20% CaCO₃ 4% MB Black**



**Lembaran Komposit Polipropilena
30% CaCO₃ 4% MB Black**

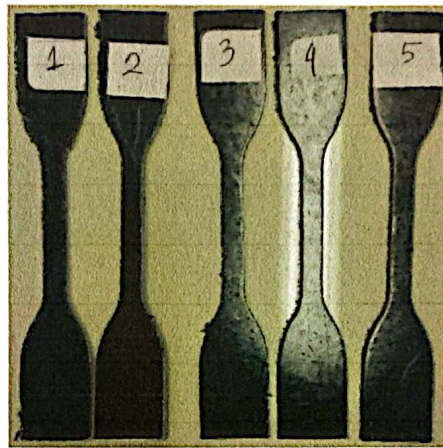


Lembaran Produk Cover Tail AHM

Lampiran K Gambar Spesimen Uji Mekanis



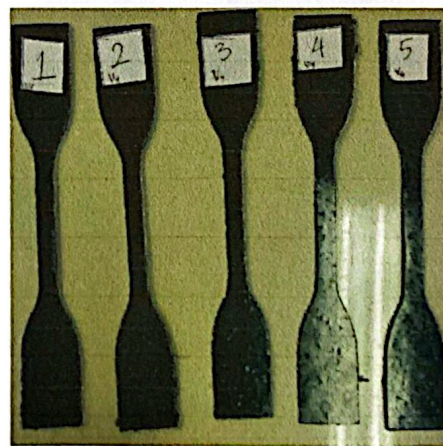
Spesimen Polipropilena



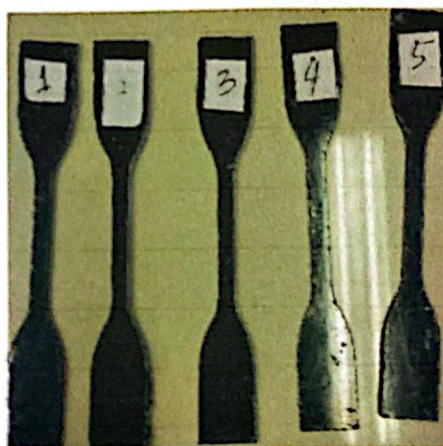
Spesimen Komposit Polipropilena 10%
CaCO₃ 4% MB Black



Spesimen Komposit Polipropilena 20%
CaCO₃ 4% MB Black



Spesimen Komposit Polipropilena 30%
CaCO₃ 4% MB Black



Spesimen Produk Cover Tail AHM