

**PENAMBAHAN CLAY KAOLIN PADA RECYCLED HDPE  
(HIGH DENSITY POLYETHYLENE) SEBAGAI PURGE  
MATERIAL EKSTRUSI POLIPROPILENA DAN  
MASTERBATCH**

**TUGAS AKHIR**

Oleh  
**ELGA CHAERUL PASYA**  
NIM: 1516024



<b>DATA BUKU PERPUSTAKAAN</b>	
Tgl Terima	07/10/22
No Induk Buku	086/TKP/SB/TA/22

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

**SUMBANGAN ALUMNI**

**PENAMBAHAN *CLAY* KAOLIN PADA *RECYCLED HDPE*  
(*HIGH DENSITY POLYETHYLENE*) SEBAGAI *PURGE*  
*MATERIAL* EKSTRUSI POLIPROPILENA DAN  
*MASTERBATCH***

**TUGAS AKHIR**

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

**Oleh  
ELGA CHAERUL PASYA  
NIM: 1516024**



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

## ABSTRAK

Industri hilir plastik mengalami perkembangan pesat dengan penggunaan ekstruder (sistem *screw/barrel*) untuk mengolah plastik menjadi berbagai produk yang diinginkan. Proses pembersihan residu dalam *barrel* ekstruder dengan memasukkan bahan pembersih (*purge material*) tanpa membongkar mesin disebut *purging extruder*. Penelitian ini menggunakan *clay* kaolin yang ditambahkan pada *purge material* berbasis *recycled HDPE* untuk ekstrusi campuran polipropilena (PP) dan *masterbatch* yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *clay* kaolin pada *purge material* tersebut terhadap warna dan gugus fungsi ekstrudat *purging*. Total massa campuran awal 200 gram yang terdiri dari resin PP dan 2% *masterbatch* merah, campuran *purge material* (PM) 300 gram yang terdiri dari resin *recycled HDPE* dan variasi komposisi *clay* kaolin sejumlah 0%, 3%, 6%, dan 9%. Penelitian ini dilakukan dengan tahapan: pencampuran bahan, ekstrusi campuran PP/*masterbatch*, pengambilan sampel uji, ekstrusi *purge material* berbasis *recycled HDPE*, preparasi spesimen uji dan diakhiri dengan pengujian dan analisis. Hasil uji warna menunjukkan bahwa seiring penambahan *clay* kaolin, warna ekstrudat *purge material* semakin bersih dari kontaminasi warna primer PP/*masterbatch* 2%, dan hasil gugus fungsi menunjukkan masih terdapat gugus cabang PP pada penambahan 0% *clay* kaolin, terdapat gugus karbonil pada penambahan 0%, 3%, dan 9% *clay* kaolin, serta adanya gugus alkohol pada penambahan 0% *clay* kaolin.

Kata kunci: *purge material*, HDPE (*high density polyethylene*), *clay*, polipropilena (PP), *masterbatch*.

**HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

**TUGAS AKHIR  
PENAMBAHAN CLAY KAOLIN PADA *RECYCLED HDPE*  
(*HIGH DENSITY POLYETHYLENE*) SEBAGAI PURGE  
MATERIAL EKSTRUSI POLIPROPILENA DAN  
MASTERBATCH**

Elga Chaerul Pasya  
NIM: 1516024  
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, September 2020

Menyetujui  
Dosen Pembimbing 1



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

Dosen Pembimbing 2



Ella Melyna, S.T., M.T.  
NIP. 199103062018012001

Ketua Program Studi  
Teknik Kimia Polimer



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

**HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI  
SEMINAR TUGAS AKHIR**

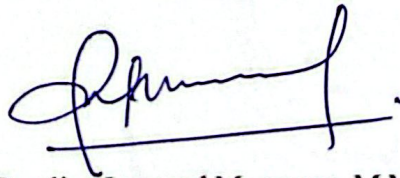
**PENAMBAHAN *CLAY* KAOLIN PADA *RECYCLED HDPE*  
(*HIGH DENSITY POLYETHYLENE*) SEBAGAI *PURGE*  
*MATERIAL* EKSTRUSI POLIPROPILENA DAN  
*MASTERBATCH***

Elga Chaerul Pasya  
NIM: 1516024  
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Agustus 2020

Penguji 1



Ir. Parulian Leonard Marpaung, M.M.  
NIP. 195702141985031002

Dosen Pembimbing 1



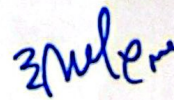
Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng.  
NIP. 198505112014022001

Penguji 2



Reviana Inda Dwi S., S.T., M.Eng.  
NIP. 198911202018012001

Dosen Pembimbing 2



Ella Melyna, S.T., M.T.  
NIP. 199103062018012001

**HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI  
SIDANG TUGAS AKHIR**

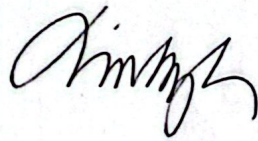
**PENAMBAHAN CLAY KAOLIN PADA RECYCLED HDPE  
(HIGH DENSITY POLYETHYLENE) SEBAGAI PURGE  
MATERIAL EKSTRUSI POLIPROPILENA DAN  
MASTERBATCH**

Elga Chaerul Pasya  
NIM: 1516024  
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

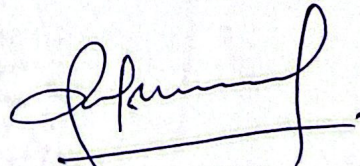
Jakarta, September 2020

Penguji 1



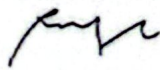
Dr. Ir. Lintong Sopandi Hutahaeen, MSc  
NIP. 195803221986031002

Penguji 2



Ir. Parulian Leonard Marpaung, M.M.  
NIP. 195702141985031002

Penguji 3



Ir. Roosmariharso, M.B.A.  
NIP. 195405231980031004

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 : Elga Chaerul Pasya

NIM : 1516024

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang saya buat dengan judul  
“PENAMBAHAN *CLAY* KAOLIN PADA *RECYCLED HDPE (HIGH DENSITY POLYETHYLENE)* SEBAGAI *PURGE MATERIAL* EKSTRUSI POLIPROPILENA DAN *MASTERBATCH*”:

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam Daftar Pustaka 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 di atas, maka tugas akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, September 2020



Elga Chaerul Pasya

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah* 'segala puji bagi Allah' atas segala nikmat dan rahmat yang telah diberikan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat kelulusan, yaitu Tugas Akhir pada Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta. Tugas Akhir ini mungkin tidak dapat berjalan lancar apabila tanpa bantuan dan dukungan dari beberapa pihak, untuk itu saya ingin berterima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Mustofa, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta;
2. Ibu Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer;
3. Bapak Dr. Ir. Lintong Sopandi Hutahaean, M.Sc., Bapak Ir. Roosmariharso, M.B.A., Bapak Ir. Parulian Leonard Marpaung, M.M., Ibu Reviana Inda Dwi Suyatmo, S.T., M.Eng. selaku penguji sidang dan seminar;
4. Ibu Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing 1 dan Ibu Ella Melyna, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah meluangkan waktu, pikiran dan tenaga untuk membimbing penulis sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini;
5. Orang tua dan keluarga yang selalu menemani dan selalu memberi dukungan secara moral dan material; dan
6. Seluruh teman-teman Teknik Kimia Polimer angkatan 2016 yang senantiasa berjuang bersama untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga semua kebaikan pihak yang membantu penulis dibalas oleh Allah *subhanahu wa ta'ala* dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk semua pihak yang membacanya.

Jakarta, September 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING .....	iv
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR .....	v
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR .....	vi
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG .....	xiv
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 .....	4
Bab II Tinjauan Pustaka .....	5
II.1 Poliolefin .....	5
II.2 <i>Masterbatch</i> .....	8
II.3 <i>Clay Kaolin</i> .....	11
II.4 Proses Ekstrusi .....	13
II.5 Pembersihan Ekstruder ( <i>Purging Extruder</i> ) .....	16
II.6 Pengujian Warna .....	18
II.7 Pengujian Gugus Fungsi .....	21
Bab III Metode .....	29
III.1 Waktu dan Tempat .....	29
III.2 Alat dan Bahan .....	29
III.3 Variabel .....	30
III.4 Prosedur .....	31
BAB IV Hasil dan Pembahasan .....	37
IV.1 Hasil Uji Warna .....	37
IV.2 Hasil Uji Gugus Fungsi .....	42
BAB V PENUTUP .....	50
V.1 Kesimpulan .....	50
V.2 Saran .....	50

DAFTAR PUSTAKA .....	52
LAMPIRAN .....	55

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Lembar Keterangan Selesai Pengujian di Laboratorium Bea Cukai Jakarta.....	56
LAMPIRAN B	Lembar Bimbingan Tugas Akhir.....	62
LAMPIRAN C	Lembar Surat Tugas Pembimbing 1 Tugas Akhir.....	64
LAMPIRAN D	Lembar Surat Tugas Pembimbing 2 Tugas Akhir.....	65
LAMPIRAN E	Perhitungan Hasil Uji Warna.....	66

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Struktur beberapa jenis <i>clay</i> .....	12
Gambar II.2	Struktur <i>clay</i> kaolin .....	13
Gambar II.3	Skema <i>single-screw extruder</i> .....	14
Gambar II.4	Jenis laju material pada <i>twin-screw extruder</i> .....	15
Gambar II.5	<i>Screw element</i> pada <i>twin-screw extruder</i> .....	16
Gambar II.6	Ilustrasi <i>kneading disk</i> .....	16
Gambar II.7	Ekstrudat hasil <i>purging</i> beberapa <i>purge material</i> .....	18
Gambar II.8	Rentang gelombang elektromagnetik .....	19
Gambar II.9	CIE LAB <i>color space</i> .....	20
Gambar II.10	Ilustrasi skema sederhana komponen FTIR <i>spectroscopy</i> .....	21
Gambar II.11	Efek pancaran infra-merah terhadap molekul .....	23
Gambar II.12	Skema jenis-jenis FTIR <i>spectroscopy</i> .....	24
Gambar II.13	Spektrum infra-merah PP, HDPE, dan PP/HDPE .....	26
Gambar II.14	Spektrum infra-merah suatu <i>clay kaolin</i> .....	27
Gambar II.15	Spektrum infra-merah PP/Masterbatch Red 418C 2%.....	28
Gambar III.1	Diagram proses penelitian: ekstrusi polipropilena dan <i>masterbatch</i> .....	31
Gambar III.2	Diagram proses penelitian: ekstrusi variasi <i>purge material</i> .....	32
Gambar IV.1	Pencitraan digital warna sampel.....	38
Gambar IV.2	Diagram perbedaan warna dengan PP/ <i>masterbatch</i> 2% terhadap penambahan <i>clay</i> pada <i>purge material recycled HDPE</i> .....	40
Gambar IV.3	Diagram perbedaan warna dengan bahan baku <i>recycled HDPE</i> terhadap penambahan <i>clay</i> pada <i>purge material recycled HDPE</i> . ..	42
Gambar IV.4	Spektrum infra-merah PP/ <i>masterbatch</i> 2%.....	43
Gambar IV.5	Spektrum infra-merah bahan baku <i>recycled HDPE</i> .....	43
Gambar IV.6	Spektrum infra-merah PM variasi 1: <i>recycled HDPE/clay</i> 0% .....	44
Gambar IV.7	Spektrum infra-merah PM variasi 2: <i>recycled HDPE/clay</i> 3% .....	44
Gambar IV.8	Spektrum infra-merah PM variasi 3: <i>recycled HDPE/clay</i> 6% .....	45
Gambar IV.9	Spektrum infra-merah PM variasi 4: <i>recycled HDPE/clay</i> 9% .....	45

## DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Produksi polimer Amerika Serikat tahun 2010 .....	5
Tabel II.2	Karakteristik LDPE.....	6
Tabel II.3	Karakteristik LLDPE.....	6
Tabel II.4	Karakteristik HDPE.....	7
Tabel II.5	Karakteristik <i>recycled HDPE</i> HD-AXI L2020/PC14 .....	7
Tabel II.6	Perbandingan beberapa karakteristik jenis-jenis polipropilena.....	8
Tabel II.7	Karakteristik polipropilena HI10HO.....	8
Tabel II.8	Karakteristik Masterbatch Red 418C.....	11
Tabel II.9	Karakteristik White Kaolin Powder-325.....	13
Tabel II.10	<i>Purge material</i> untuk beberapa resin .....	17
Tabel II.11	Spesifikasi gelombang cahaya tampak mata normal.....	19
Tabel II.12	Absorbansi gelombang infra-merah beberapa ikatan kimia.....	22
Tabel III.1	Variasi komposisi campuran <i>purge material</i> .....	30
Tabel IV.1	Hasil uji warna PP/masterbatch 2%, bahan baku <i>recycled HDPE</i> , dan variasi-variasi <i>purge material</i> .....	37
Tabel IV.2	Perbedaan warna jenis sampel terhadap PP/masterbatch 2% .....	39
Tabel IV.3	Perbedaan warna sampel <i>purge material</i> terhadap bahan baku <i>recycled HDPE</i> .....	39
Tabel IV.4	Puncak absorbansi infra-merah hasil uji gugus fungsi.....	46

## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
ABS	akrilonitril butadiena stiren	5
AO	antioksidan	9
ATR	<i>attenuated total reflectance</i>	3
CIE	<i>Commission Internationale de L'éclairage</i>	2
Drifts	<i>diffuse reflectance spectroscopy</i>	25
FTIR	<i>fourier transform infrared</i>	2
HALS	<i>hindered amine light stabilizer</i>	10
HDPE	<i>high density polyethylene</i>	1
ICEL	<i>Indonesia Customs and Excise Laboratory Guide</i>	36
LDPE	<i>low density polyethylene</i>	5
LLDPE	<i>low linear density polyethylene</i>	5
PM	<i>purge material</i>	3
PP	polipropilena	1
PVC	<i>polyvinyl chloride</i>	5
UV	ultraviolet	9
UVA	<i>ultraviolet absorber</i>	10
LAMBANG		
$T_c$	temperatur kristalisasi	6
$T_g$	temperatur transisi gelas	6
$T_m$	titik leleh	6
$L^*$	koordinat warna kecerahan ( <i>lightness</i> )	19
$a^*$	koordinat warna merah-hijau	19
$b^*$	koordinat warna kuning-biru	19
$\Delta L^*$	perbedaan koordinat warna kecerahan ( <i>lightness</i> )	20
$\Delta a^*$	perbedaan koordinat warna merah-hijau	20
$\Delta b^*$	perbedaan koordinat warna kuning-biru	20
$\Delta E^*_{ab}$	perbedaan warna keseluruhan	20

## Bab I Pendahuluan

### I.1 Latar Belakang

Plastik telah menjadi salah satu bahan polimer yang penting digunakan dalam kehidupan manusia di masa kini. Proses yang umum digunakan untuk menghasilkan produk akhir plastik adalah proses ekstrusi dalam suatu sistem *screw/barrel*. Prinsip ekstrusi telah ditemukan sangat lama, dimulai dengan Archimedes *screw* yang digunakan pada industri makanan dan mulai digunakan untuk memproses polimer pada tahun 1870 (Agassant dkk., 2017). Proses ekstrusi menghasilkan berbagai produk plastik, seperti pipa, kabel, berbagai macam profil, komponen-komponen otomotif, dan berbagai alat rumah tangga.

Alat ekstrusi, yaitu ekstruder (*extruder*) yang telah digunakan untuk memproses plastik akan meninggalkan akumulasi bahan yang digunakan di dalam *barrel*. Ketika alat ekstruder tersebut akan digunakan kembali maka akumulasi yang tertinggal dalam *barrel* perlu dibersihkan terlebih dahulu. Hal tersebut bertujuan agar produk yang dihasilkan setelahnya tidak terkontaminasi bahan yang digunakan sebelumnya.

Polimer yang banyak diproduksi menggunakan ekstruder adalah jenis polipropilena (PP). Bahan ini digunakan untuk berbagai keperluan rumah tangga, seperti botol minum, tempat makan, dan juga untuk komponen otomotif seperti karpet interior, bumper, dan lainnnya. Resin yang banyak digunakan untuk membersihkan (*purging*) sisa polipropilena dalam *barrel* tersebut adalah jenis HDPE (*high density polyethylene*) (Wagner dkk., 2014).

Untuk mempercepat proses *purging*, telah banyak perusahaan yang memproduksi kompon pembersih (*purge compound*), seperti merk dagang Dyna-Purge®, Pax Purge®, dan UniPurge®. *Purge compound* tersebut berbasis matriks resin HDPE (Wagner dkk., 2014). Perusahaan yang tidak menggunakan *purge compound*, menggunakan resin murni sebagai bahan pembersih (*purge material*) ekstrudernya. Resin murni memang lebih murah dibanding *purge compound*, tetapi waktu

*purging* yang diperlukannya lebih lama. Hal tersebut membuat ekstrusi produk selanjutnya terlambat dan dapat menurunkan produktivitas perusahaan.

Menurut hasil penelitian Chukwubuike (2015), penggunaan campuran *recycled HDPE*,  $\text{SiO}_2$ , dan *clay* sebagai pembersih ekstruder menunjukkan bahwa komposisi *clay* yang paling baik adalah sebanyak 8,7%, sedangkan penggunaan  $\text{SiO}_2$  tidak berdampak signifikan. Penelitian tersebut hanya dilakukan secara visual, sehingga perlu dilakukan pengujian ilmiah lebih lanjut. Pengujian tersebut dapat berupa uji uji warna dengan metode CIE (*Commission Internationale de L'éclairage*) Lab dan uji gugus fungsi menggunakan alat *fourier transform infrared* (FTIR) *spectroscopy* guna memastikan zat yang terkandung setelah pembersihan.

Penambahan *clay* pada HDPE membuat laju material melalui *die* menjadi lebih mudah dan bertindak sebagai *lubricant*. Sebagian *clay* yang bertindak sebagai *lubricant* mereduksi friksi antar rantai polimer sehingga viskositas lelehan polimer menurun (Gill dkk., 2015). Hal tersebut membuat lelehan HDPE dan *clay* dapat meraih sudut-sudut dalam *barrel* untuk membersihkan sisa-sisa produk yang ingin dibersihkan. Selain itu, *clay* kaolin merupakan mineral yang rendah tingkat abrasifnya sehingga tidak mengikis *screw* (Lewis, 2007). Oleh karena itu, campuran HDPE dan *clay* adalah pilihan yang baik untuk mendapatkan waktu *purging* yang lebih cepat dan biaya *purging* yang rendah. Berdasarkan latar belakang tersebut dilakukan penelitian tentang penambahan *clay* pada *recycled HDPE* sebagai campuran *purge material* ekstrusi polipropilena dan *masterbatch*.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan *clay* kaolin sebagai campuran *purge material* berbasis *recycled HDPE* untuk ekstrusi campuran polipropilena dan *masterbatch* terhadap warna ekstrudat *purging*?
2. Bagaimana pengaruh penambahan *clay* kaolin sebagai campuran *purge material* berbasis *recycled HDPE* untuk ekstrusi campuran polipropilena dan *masterbatch* terhadap gugus fungsi ekstrudat *purging*?

### I.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah penelitian ini meliputi

1. resin polipropilena yang digunakan adalah TRILENE® HI10HO produksi PT Chandra Asri Petrochemical;
2. resin *recycled HDPE* yang digunakan adalah HD-AXI L2020/PC14 produksi PT Langgeng Jaya Plastindo;
3. *masterbatch* merah tipe Red 418C yang digunakan adalah produksi PT Halim Sakti Pratama;
4. *clay* kaolin yang digunakan adalah White Kaolin Powder-325 produksi PT Aneka Kaolin Utama dengan variasi komposisi massa pada *purge material* berbasis *recycled HDPE* dan *clay* adalah 0%, 3%, 6%, dan 9%;
5. ekstrusi dilakukan menggunakan mesin ekstruder Collin® tipe TEACH-Line Compounder ZK 25×24 D dengan jenis *co-rotating twin screw*;
6. perbandingan komposisi kompon awal ekstrusi polipropilena dan *masterbatch* adalah 98:2;
7. preparasi spesimen uji warna menggunakan *manual forming machine* Cometech tipe QC-601A,
8. pengujian warna dilakukan menggunakan *colorimetric spectrometer* Konica Minolta tipe DM-3600D dengan standar *illuminant D 65-10*, dan
9. pengujian gugus fungsi bahan dilakukan menggunakan alat *attenuated total reflectance-fourier transform infrared (ATR-FTIR) spectroscopy* Thermofisher Scientific Nicolet tipe iS20.

### I.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah sebelumnya maka tujuan penelitian ini adalah

1. mengetahui pengaruh penambahan *clay* kaolin pada campuran *recycled HDPE* sebagai *purge material* untuk ekstrusi campuran PP/*masterbatch* 2% terhadap warna ekstrudat *purging*, dan
2. mengetahui pengaruh penambahan *clay* kaolin pada campuran *recycled HDPE* sebagai *purge material* untuk ekstrusi campuran PP/*masterbatch* 2% terhadap gugus fungsi ekstrudat *purging*.

## **I.5 Manfaat**

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

### **A. Manfaat bagi industri**

Analisis penelitian ini dapat dijadikan masukan pada perusahaan pengguna ekstruder plastik untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pembersihan (*purging*) ekstruder

### **B. Manfaat bagi masyarakat**

Analisis penelitian ini menjadi prospek lapangan pekerjaan dalam pengolahan limbah HDPE sebagai *purge material* ekstruder.

### **C. Manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan**

Analisis penelitian ini dapat digunakan untuk mempelajari lebih lanjut mengenai pembersihan (*purging*) ekstruder.

## Bab II Tinjauan Pustaka

### II.1 Poliolefin

Polimer adalah makromolekul yang tersusun dari unit-unit berulang yang sangat banyak. Polimer atau *polymer* berasal dari kata Yunani, yakni *poly* yang berarti “banyak” dan *meros* yang berarti “bagian” (Elvers, 2016). Unit berulang pada polimer disebut monomer. Polimer pertama kali dicetuskan oleh “*father of polymer science*” pemenang *Nobel Price of Chemistry* pada tahun 1953 bernama Hermann Staudinger (Fakirov, 2017).

Perkembangan polimer meningkat pesat pada 1945 sampai 1960 setelah penemuan insiator organometalik dan katalis polimerisasi olefin oleh K. Ziegler dan G. Natta. Katalis tersebut disebut dengan katalis Ziegler-Natta yang membuat struktur polimer tercipta secara linier (Fakirov, 2017). Perkembangan polimer terus meningkat sampai pada tahun 2010 tercatat produksi polimer di Amerika Serikat seperti tertera di Tabel II.1.

Tabel II.1 Produksi polimer Amerika Serikat tahun 2010 (Fakirov, 2017)

Jenis polimer		Produksi (juta Pound)
Termoset	Epoksi	6.10
	Melamin, fenolik dan lainnya	12.600
Termoplastik	LDPE ( <i>low density polyethylene</i> )	6.700
	HDPE ( <i>high density polyethylene</i> )	16.900
	LLDPE ( <i>low linear density polyethylene</i> )	13.800
	Polipropilena	17.300
	Polistirena	5.000
	ABS (akrilonitril butadiena stiren)	2.600
	Nilon	1.000
	PVC ( <i>polyvinyl chloide</i> ) dan kopolimer	14.000
	Termoplastik lain	14.800
Total		103.000

Resin *poly-olefin* adalah polimer yang terbentuk dari monomer-monomer olefin atau alkena. Alkena merupakan senyawa hidrokarbon yang memiliki ikatan rangkap dua. Proses polimerisasi *poly-olefin* merupakan polimerisasi adisi. Resin *poly-olefin* yang banyak digunakan adalah sebagai berikut:

a. Polietilena

Polietilena  $-(CH_2CH_2)_n$  adalah polimer yang terbentuk dari monomer etilena  $(CH_2=CH_2)$ . Berdasarkan densitasnya, polietilena yang digunakan dalam produksi *masterbatch* dikelompokkan sebagai berikut.

1) LDPE (*low density polyethylene*)

Beberapa data karakteristik LDPE ditunjukkan oleh Tabel II.2.

Tabel II.2 Karakteristik LDPE (Wypych, 2016)

Parameter	Nilai	Satuan
Densitas (amorf)	0,855	$g/cm^3$
Densitas (kristalin)	1,0 – 1,014	$g/cm^3$
Derajat kristalinitas	28,8 – 60	%
Titik leleh ( $T_m$ )	105 – 115	$^{\circ}C$
Temperatur transisi gelas ( $T_g$ )	-103 – -133	$^{\circ}C$
Temperatur kristalisasi ( $T_c$ )	96 – 100	$^{\circ}C$
<i>Melt index</i> , 230 $^{\circ}C$ /3,8 kg	0,25 – 55	g/10 menit

2) LLDPE (*low linear density polyethylene*)

Beberapa data karakteristik LLDPE ditunjukkan oleh Tabel II.3.

Tabel II.3 Karakteristik LLDPE (Wypych, 2016)

Parameter	Nilai	Satuan
Densitas, 20 $^{\circ}C$	0,905 – 0,942	$g/cm^3$
Derajat kristalinitas	30 – 59	%
Titik leleh ( $T_m$ )	120 – 136	$^{\circ}C$
Temperatur transisi gelas ( $T_g$ )	-110	$^{\circ}C$
Temperatur kristalisasi ( $T_c$ )	107 – 123	$^{\circ}C$
<i>Melt index</i> , 230 $^{\circ}C$	0,2 – 2000	g/10 menit

3) HDPE (*high density polyethylene*)

Beberapa data karakteristik HDPE ditunjukkan pada Tabel II.4. *recycled HDPE* merupakan HDPE dari ekstrusi ulang produk jadi HDPE. Karakteristik *recycled HDPE* yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel II.5.

Tabel II.4 Karakteristik HDPE (Wypych, 2016)

Parameter	Nilai	Satuan
Densitas, 20°C	0,94 – 1,00	g/cm <sup>3</sup>
Derajat kristalinitas	60 – 90	%
Titik leleh (T <sub>m</sub> )	125 – 135	°C
Temperatur transisi gelas (T <sub>g</sub> )	-118 – -133	°C
Melt index, 190°C/2,16 kg	0,06 – 100	g/10 menit

Tabel II.5 Karakteristik *recycled HDPE* HD-AXI L2020/PC14 (PT Langgeng Jaya Plastindo, 2020)

Parameter	Nilai	Satuan
Diameter pelet	3,5 – 5,0	mm
Tebal pelet	2,0 – 5,0	mm
Impurities	maksimal 100	ppm
Kadar air	maksimal 1,5	%
Melt index, 190°C/2,16 kg	0,2	g/10 menit

#### b. Polipropilena

Polipropilena  $-(CH_2CH(CH_3))_n$  merupakan polimer yang terbuat dari monomer propilena ( $H_2C=CH-CH_3$ ) dengan bantuan katalis Ziegler-Natta (Wypych, 2016). Polipropilena (PP) terbagi menjadi tiga jenis berdasarkan susunan rantainya, yakni

- 1) homopolimer PP, yaitu jenis polipropilena memiliki satu jenis monomer saja yang menyusun rantainya, yakni propilena;
- 2) *block copolymer* PP, yaitu jenis polipropilena memiliki rantai yang tidak hanya tersusun dari monomer propilena namun juga monomer lain. Dalam hal ini monomer lainnya adalah etilena. Dalam rantainya, satu jenis monomer tersusun membuat blok dan disambung dengan blok monomer lainnya; dan
- 3) *random copolymer* PP, yaitu jenis polipropilena memiliki distribusi monomer selain propilena secara acak dalam rantainya. Monomer lain yang digunakan adalah etilena. Sifat *random copolymer* polipropilena terpengaruh oleh banyaknya kandungan monomer etilena.

Data perbandingan karakteristik jenis-jenis PP disajikan pada Tabel II.6 dan karakteristik polipropilena yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel II.7.

Tabel II.6 Perbandingan beberapa karakteristik jenis-jenis polipropilena (Baur dkk., 2018)

Parameter	Satuan	Homopolimer PP	Block copolymer PP	Random copolymer PP
Densitas	g/cm <sup>3</sup>	0,90 – 0,915	0,895 – 0,905	0,895 – 0,90
Titik leleh (T <sub>m</sub> )	°C	162 – 168	160 – 168	135 – 155
Modulus tarik	MPa	1300 – 1800	800 – 1300	600 – 1200
Elongasi	%	8 – 18	10 – 20	10 – 18

Tabel II.7 Karakteristik polipropilena HI10HO (PT Chandra Asri Petrochemical, 2013)

Parameter	Nilai	Satuan
Densitas	0,903	g/cm <sup>3</sup>
Titik leleh (T <sub>m</sub> )	163	°C
Modulus tarik	1280	MPa
Melt index, 230°C/2,16 kg	10	g/10 menit

## II.2 Masterbatch

*Masterbatch* adalah biang untuk plastik yang dapat memberikan warna dan sifat tertentu yang diinginkan dengan aditif di dalamnya. *Masterbatch* terdiri dari pewarna (*colorant*) yang umumnya lebih besar daripada aditif atau *filler* di dalamnya. Jenis *colorant* yang terkandung dalam *masterbatch* terdiri dari dua jenis, yaitu *pigment* dan *dye*.

Perbedaan antara *pigment* dan *dye* adalah kelarutannya. *Pigment* tidak larut dalam resin *carrier* dan hanya terdispersi, sedangkan *dye* larut dalam resin *carrier*. *Pigment* terbagi dalam dua jenis yakni *pigment* organik dan *pigment* anorganik. *Pigment* organik adalah *pigment* yang memiliki gugus organik didalamnya. Salah satu contohnya adalah *pigment* warna biru yang biasanya menggunakan senyawa ftalosianin. Contoh *pigment* anorganik adalah *carbon black*, titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>), dan FeO(OH).

Zat aditif (*additive*) adalah zat yang digunakan untuk memodifikasi polimer agar dapat memenuhi berbagai macam keperluannya. Penambahan zat aditif dapat memberikan perubahan nilai sifat, penurunan harga, kemudahan pemrosesan dan perubahan dampak pada lingkungan. Zat aditif yang banyak ditambahkan untuk poliolefin adalah antioksidan (AO) dan *ultraviolet (UV) stabilizer*.

Polimer merupakan material yang sensitif terhadap oksigen. Dengan paparan oksigen, polimer dapat teroksidasi menciptakan suatu radikal bebas yang terlepas dari rantai polimer. Hal tersebut merupakan proses degradasi suatu polimer. Mekanisme proses degradasi suatu polimer akibat oksidasi adalah sebagai berikut:

- a. Panas, gaya potong, dan residu katalis memotong hidrogen dari rantai polimer (RH) membentuk radikal bebas alkil (R\*).
- b. Oksigen bereaksi dengan radikal bebas membentuk senyawa baru yang reaktif ( $O_2 + R^* \rightarrow ROO^* + RH \rightarrow ROOH + R^*$ ) dan melepas molekul lainnya seperti H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.
- c. Hidroperoksida (ROOH) yang reaktif membentuk radikal bebas baru seperti hidroksi dan alkoksi ( $ROOH \rightarrow ^*OH + RO^*$ ) (Tolinski, 2015).

Antioksidan (*antioxidant*) merupakan zat aditif yang digunakan untuk menstabilkan polimer dari degradasi akibat paparan oksigen. AO dikalsifikasikan sebagai berikut.

#### A. *Primary antioxidant*

*Primary antioxidant* menstabilkan radikal bebas dengan memberikan atom hidrogen pada ion radikal bebas sehingga senyawa kimia polimer kembali stabil (Tolinski, 2015). Senyawa kimia yang biasa digunakan untuk jenis antioksidan ini biasa dikenal sebagai *butylated hydroxy toluene* (BHT). BHT merupakan antioksidan yang efektif, namun kelarutannya pada polimer kecil (Coleman, 2017).

#### B. *Secondary antioxidant*

*Secondary antioxidant* merupakan *decomposer* peroksida. Reaksi propagasi dari oksidasi polimer menciptakan senyawa peroksida (ROOH) yang relatif tidak stabil. *Secondary antioxidant* mendekomposisi senyawa peroksida tersebut dengan

mengoksidasi diri (mengambil oksigen dari ROOH) (Tolinski, 2015). Terdapat dua jenis *secondary antioxidant* yang banyak digunakan, yakni *secondary antioxidant* berbasis sulfur yang efektif untuk plastik *rubber-based* dan *phosphite secondary antioxidant* yang sensitif terhadap air (Coleman, 2017).

UV *stabilizer* adalah jenis stabilisator yang menstabilkan degradasi polimer akibat paparan sinar ultraviolet (UV). Degradasi tersebut disebabkan penyerapan sinar UV oleh senyawa *chromophore* yang tercampur dalam polimer. Senyawa *poly-olefin* sendiri tidak menyerap begitu banyak sinar UV, tetapi campuran dalam polimer tersebut, yakni pigmen, *polymer processing aid*, *flame retardant* atau secara umum senyawa organik yang memiliki ikatan rangkap merupakan senyawa *chromophore* (Tolinski, 2015). Mekanisme degradasi polimer akibat sinar UV adalah:

- a. Energi UV diserap oleh senyawa *chromophore* mengakibatkan rantai polimer terputus dan melepaskan radikal bebas ( $R^*$ ).
- b. Radikal bebas tersebut teroksidasi membentuk senyawa baru, yaitu radikal peroksi dan hidroperoksida yang reaktif dengan senyawa polimer

Terdapat dua jenis UV *stabilizer*, yakni UV *absorber* (UVA) dan HALS, yaitu:

#### A. UV *absorber*

Jenis UV *stabilizer* ini menyerap energi UV dan mengubahnya ke bentuk yang tidak berbahaya. Contoh jenis UV *absorber* adalah *carbon black*. *Carbon black* menyerap seluruh panjang gelombang sinar UV dan mengubahnya menjadi panas. Contoh senyawa UV *absorber* organik adalah:

- *benzophenone*, menyerap gelombang UV dari 230 sampai 390 nm, biasa disebut pada dunia industri sebagai UVA-1.
- *benzotriazol* (UVA-2 dan UVA-3), menyerap gelombang UV dari 280 sampai 390 nm.
- *triazine* (UVA-4), memberikan kestabilan dari sinar UV untuk waktu yang lama, terutama bila dikombinasi dengan HALS.
- *phenyl* atau *aryl ester*, biasa disebut sebagai UV *absorber* karena menyerap UV dibawah gelombang UV (Tolinski, 2015).

## B. HALS

HALS adalah singkatan dari *hindered amine light stabilizer*, merupakan suatu *scavenger* 'pemakan sisa' radikal bebas. Mekanisme HALS dalam menghentikan degradasi suatu polimer adalah sebagai berikut:

- a. Molekul HALS teroksidasi oleh reaksi dengan hidroperoksida (tercipta dari degradasi) menciptakan radikal *nitroxyl* (NO\*).
- b. NO\* bereaksi dengan *scavenger* suatu radikal polimer atau radikal bebas dan membentuk senyawa alkoksi amina (NOR).

NOR bereaksi dengan peroksi radikal bebas (ROO\*) dan menciptakan radikal *nitroxyl* baru yang dapat digunakan pada siklus ini (Tolinski, 2015).

*Masterbatch* yang digunakan pada penelitian ini memiliki *resin carrier* berupa polietilena dan menggunakan jenis *pigment* berupa Pigment Red 53 (asam benzensulfonat, 5-kloro-2-((2-hidroksi-1-naftalenil)azo)-4-metil-, garam barium (2:1)) (PT Halim Samudra Interutama, 2018). Karakteristik *masterbatch* warna merah yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel II.8.

Tabel II.8 Karakteristik Masterbatch Red 418C (PT Halim Samudra Interutama, 2018)

Parameter	Nilai	Satuan
Panjang pelet	2 – 3	mm
Kadar air	0,10	%
Melt index, 230°C/3,8 kg	4341	g/10 menit

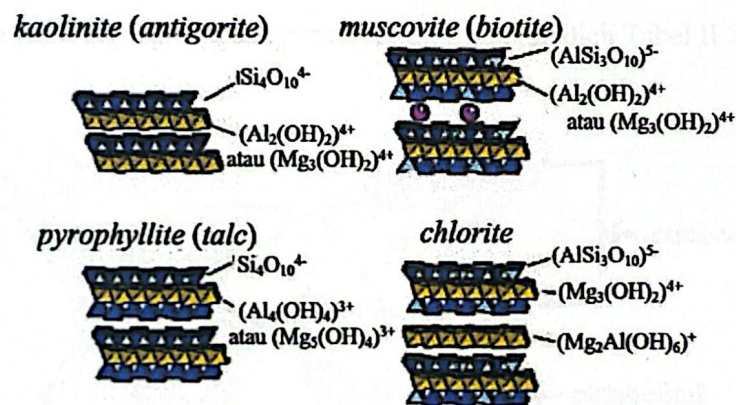
### II.3 Clay Kaolin

Kata "*clay*" memiliki dua konotasi, yang berhubungan dengan ukuran butiran dan satunya lagi berhubungan dengan mineralogi. Berdasarkan ilmu geologi dan pedolog, *clay* adalah suatu mineral halus, yang dibatasi dengan ukuran antara 2 sampai 4 mikron. Dalam pengertian mineralogi, mineral *clay* umumnya adalah filosilikat kecil terhidrasi (Jlassi dkk., 2017).

Mineral *clay* 'lempung' tersusun atas tumpukan lembaran-lembaran. Lembaran-lembaran ini berbentuk tumpukan tetrahedral dan oktahedral. Secara kimia, empat

atom oksigen membentuk tetrahedron dan terdapat rongga yang biasanya ditempati oleh  $\text{Si}^{4+}$  atau  $\text{Al}^{3+}$ . Idealnya, lapisan oktahedral terbentuk dari enam gugus OH, tetapi OH yang terdapat pada lapisan tersebut digantikan oleh atom oksigen dari bentuk tetrahedron (Jlassi dkk., 2017).

Terdapat dua kelompok utama untuk mengidentifikasi *clay*, yaitu: dioktahedral *clay*, yang memiliki dua sampai tiga rongga oktahedral yang terisi oleh kation dengan valensi 3 (misalnya  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$ ), dan trioktahedral *clay* yang memiliki struktur oktahedral yang terisi oleh kation dengan valensi 2 (misalnya  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ ) (Jlassi dkk., 2017). Struktur beberapa jenis *clay* ditunjukkan oleh Gambar II. 1.



Gambar II.1 Struktur beberapa jenis *clay* (Jlassi dkk., 2017)

*Clay* kaolin telah banyak digunakan dalam industri kertas sebagai *filler* pengganti serat. Kaolin menaikkan kecerahan kertas dan harganya pun di bawah serat kayu atau serat selulosa. Kaolin juga bersifat sebagai zat *inert* (Bajpai, 2015). Dalam industri polimer, kaolin digunakan sebagai *filler*. Kaolin dengan berat jenis 2,6  $\text{g/cm}^3$  merupakan *filler* paling ringan jika dibandingkan *talc*, kalsium karbonat, *barite*, dan kalsium inosilikat (Pukánszky, 2001).

Kaolin terbagi menjadi dua, yakni kaolin primer dan kaolin sekunder. Kaolin primer adalah kaolin yang terbentuk secara alami karena perubahan cuaca, proses hidrotermal, proses vulkanik atau gabungan dari semua itu, sedangkan kaolin sekunder adalah kaolin yang dipindahkan dari tempat terbentuknya sebagai



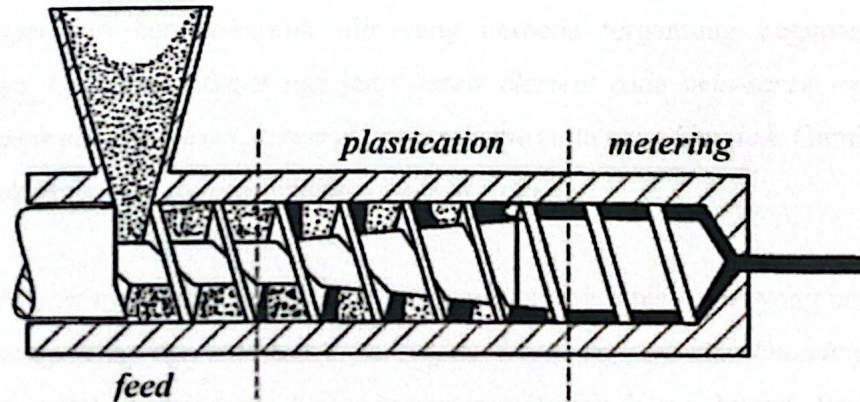
atau produk semi akhir. Dalam proses ini terjadi pemanasan polimer hingga meleleh, kemudian lelehan itu didorong melalui suatu *die*. Ekstrusi biasa digunakan untuk *pelletizing* dan *compounding*. Prinsip ekstrusi telah ditemukan sangat lama, dimulai dengan Archimedes *screw* yang digunakan pada industri makanan dan mulai digunakan untuk memproses polimer pada tahun 1870 (Agassant dkk., 2017).

Pada *extruder* 'ekstruder' (alat ekstrusi) terdapat beberapa zona dalam *barrel*. Zona tersebut adalah

- a. *feeding zone*, zona pengumpanan polimer yang berbentuk padat;
- b. *melting zone*, zona yang terdapat polimer berbentuk lelehan dan polimer yang hampir meleleh; dan
- c. *pumping zone*, zona polimer meleleh seluruhnya (Agassant dkk., 2017).

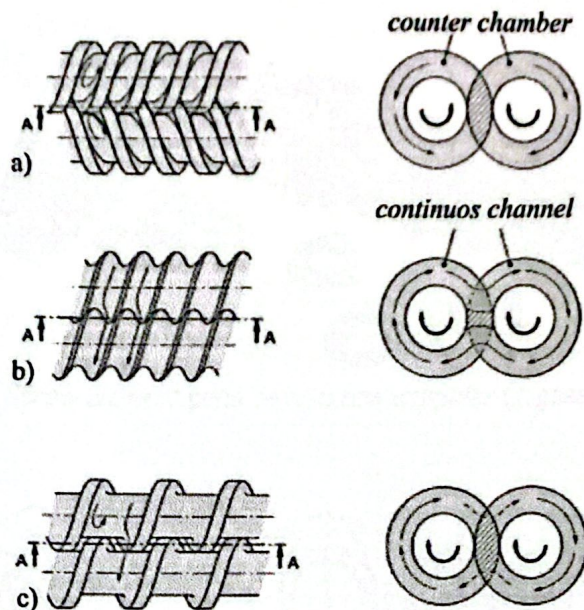
Berdasarkan jumlah *screw*-nya, *extruder* diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. *single-screw extruder*, merupakan jenis *extruder* yang hanya memiliki satu *screw*. Skema *single-screw extruder* ditunjukkan oleh Gambar II.3; dan



Gambar II.3 Skema *single-screw extruder* (Agassant dkk., 2017)

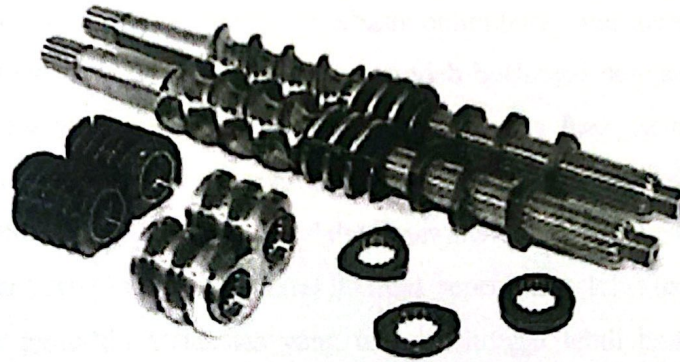
- b. *twin-screw extruder*, merupakan jenis *extruder* dengan dua *screw*. Terdapat dua jenis putaran *screw* pada *twin-screw extruder*, yakni *co-rotating* (berputar searah) dan *counter rotating* (berputar berlawanan arah). Terdapat beberapa jenis laju material pada *screw*, hal ini dapat dilihat pada Gambar II.4.



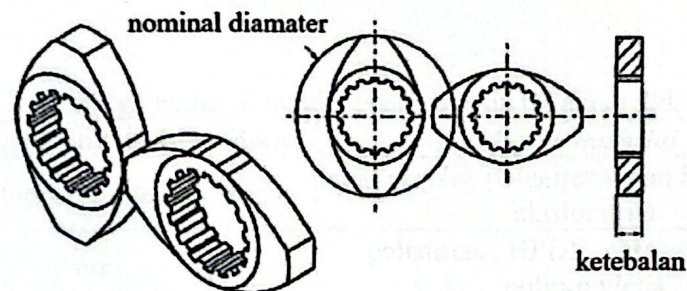
Gambar II.4 Jenis laju material pada *twin-screw extruder*. (a) laju pada *counter rotating screw*, (b) laju pada *co-rotating screw* dengan *screw element* pipih, dan (c) laju pada *co-rotating screw* dengan *screw element* tebal (Agassant dkk., 2017)

*Screw* adalah sebuah batang dengan berbagai *screw element* yang dipasangkan kepada *screw rod* (batang *screw*). *Screw element* tersebut memiliki derajat kemiringan dan bentuk-bentuk ulir yang berbeda tergantung kegunaan dan desainnya. Umumnya terdapat tiga jenis *screw element* pada *twin-screw extruder*, yakni *screw element direct*, *screw element reverse* serta *kneading disk*. Gambar II.5 menunjukkan *screw element* pada *twin-screw extruder*.

*Screw element direct* dan *screw element reverse* adalah jenis *screw* yang berfungsi untuk mengalirkan dan membawa, sedangkan *kneading disk* atau *kneading block* berfungsi untuk mendorong dan menggerus material dalam *barrel*. Perbedaan *screw element direct* dan *screw element reverse* adalah pada kemiringan arah ulirnya. *Screw element reverse* memiliki ulir yang berkebalikan kemiringan ulirnya sehingga material bisa tercampur lebih sempurna. Ilustrasi *kneading disk* diberikan pada Gambar II.6.



Gambar II.5 Screw element pada twin-screw extruder (Agasant dkk., 2107)



Gambar II.6 Ilustrasi kneading disk (Agassant dkk., 2017)

### II.5 Pembersihan Ekstruder (*Purging Extruder*)

Ada berbagai macam cara pembersihan ekstruder (*purging extruder*) dan dilakukan ketika produksi, maupun ketika pemeliharaan. Langkah pertama yang diperlukan untuk membersihkan ekstruder adalah mengosongkan *hopper* dan *barrel*. Kemudian, menggunakan material pembersih (*purge material*) untuk mengeluarkan residu dalam ekstruder dan melepas berbagai sambungan, seperti pipa-pipa transisi. Untuk membersihkan secara keseluruhan maka *screw* perlu dilepas dan dibersihkan, serta sebelum digunakan kembali perlu diukur keausan *screw* tersebut (Wagner dkk., 2014).

Ada berbagai macam *purge material* yang dijual secara komersil. Terdapat empat prinsip kerja *purge material*, yaitu

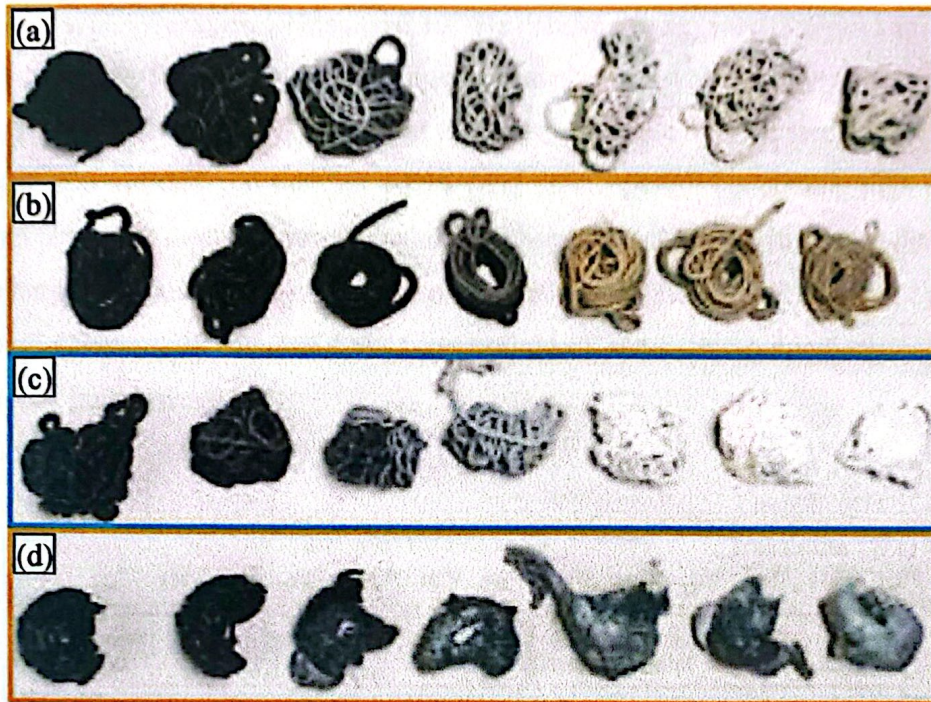
- a. *mechanical purge*;
- b. material dengan isian mineral yang abrasif;
- c. *chemical purge* untuk menghilangkan resin dan kontaminan; dan
- d. *hard resin* dengan isian surfaktan.

Material *mechanical purge* biasanya berbasis polietilena yang mengandung agen rilis. Polietilena yang memiliki *melt flow* rendah berfungsi dengan baik sebagai *purge material* yang memiliki temperatur efektif yang luas. Selain itu, HDPE memiliki adhesi dengan *barrel*, *screw*, dan *die* yang lebih kecil dibanding polimer yang dibersihkannya. *Cast acrylic* adalah jenis material abrasif yang digunakan untuk pembersihan ekstruder. Material ini tidak sepenuhnya leleh dalam ekstruder. *Cast acrylic* memiliki viskositas yang tinggi sehingga lebih baik melepas *die* terlebih dahulu sebelum proses *purging* (Wagner dkk., 2014). Tabel II.6 menunjukkan *purge material* yang cocok digunakan untuk beberapa jenis resin.

Tabel II.10 *Purge material* untuk beberapa resin (Wagner dkk., 2014)

Jenis resin yang akan dibersihkan	<i>Purge material</i>
ABS (akrilonitril butadiena stiren)	<i>cast acrylic</i> , polistirena, dan SAN (stirena akrilonitril)
Nilon	polistirena, HPDE, <i>cast acrylic</i> , dan polipropilena
PBT (polibutadien tereftalat)	polistirena dan HDPE
Polikarbonat	<i>cast acrylic</i> , polikarbonat, dan polistirena
PET (polietilen tereftalat)	HDPE dan <i>cast acrylic</i>
Poliolefin	HDPE
PVC (polivinil klorida) (fleksibel)	HDPE
PVC (rigid)	ABS, akrilik, dan polistirena

Salah satu *purging compound* komersil untuk resin polipropilena adalah Dyna-Purge® A. Dilakukan penelitian pada tahun 2016 di University of Penn State Behrend untuk membersihkan sejumlah 150 gram resin polipropilena berwarna hitam dengan Dyna-Purge® A sebanyak 600 gram. Jumlah 600 gram tersebut merupakan dua kali kapasitas *barrel* untuk suatu ekstruder yang digunakan. Dilakukan juga percobaan dengan kondisi yang sama untuk *purge material* lainnya, yakni *mechanical purge* yang terdiri dari resin poliolefin dan mineral abrasif, *chemical purge* yang terdiri dari resin poliolefin dengan dengan bahan aditif, seperti garam anorganik dan asam organik, dan resin poliproilena. Hasil percobaan tersebut menunjukkan bahwa hanya Dyna-Purge® A yang menghasilkan pembersihan yang bersih (Shuman Plastic, 2016). Gambar II.7 menunjukkan ekstrudat *purge material* dalam percobaan tersebut secara bertahap sampai selesai ekstrusi.



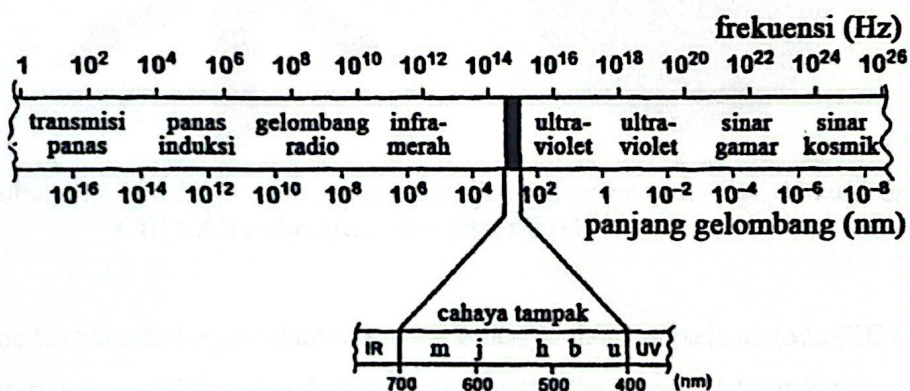
Gambar II.7 Ekstrudat hasil *purging* beberapa *purge material*: (a) *mechanical purge*, (b) *chemical purge*, (c) Dyna-Purge® A, dan (d) resin PP (Shuman Plastic, 2016)

*Purge material* untuk suatu proses ekstrusi bergantung pada jenis material terekstrusi dan jenis *screw* ekstrudernya. Material yang kekakuannya kurang dapat digunakan *mechanical purge* yang biasanya adalah HDPE yang kekakuan dan viskositas lelehannya lebih besar, sedangkan material yang memiliki kekakuan lebih tinggi digunakan jenis *purge material* yang lebih abrasif. Jenis polimer terekstrusi juga menjadi pertimbangan penggunaan pilihan jenis *chemical purge* untuk mendegradasi polymer residu. Jenis *screw* dengan kapasitas 5 – 10 lb/in dapat menggunakan material *cast acrylic* yang memiliki viskositas lelehan tinggi, jika *screw* dengan kapasitas di bawah 5 – 10 lb/in digunakan *purge material* dengan viskositas lelehan yang lebih rendah. Pertimbangan lainnya adalah harga *purge material* dan waktu proses yang akan digunakan (Wagner, 2014). Resin murni lebih murah dibanding kompon *purge* komersial namun waktu prosesnya lebih lama.

## II.6 Pengujian Warna

Warna yang terlihat oleh mata manusia adalah pantulan cahaya yang berupa gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik memiliki kelompok jenis

transmisi dari frekuensi 1 Hz sampai  $10^{26}$  Hz dengan rentang yang ditunjukkan pada Gambar II.8. Warna yang dapat dideteksi mata normal disebut dengan cahaya tampak (*visible light*) berkisar antara panjang gelombang 400 nm sampai 700 nm. Batas 400 nm dan 700 nm dan warna yang dipersepsikan bergantung juga pada mata pengamat. Mata manusia tertentu dapat mepersepsikan cahaya tampak dengan rentang lebih luas, yaitu dari 380 nm sampai 780 nm pada intensitas *illuminant* yang tinggi (Nassau, 1998). Tabel II.11 menunjukkan spesifikasi gelombang cahaya tampak mata normal.



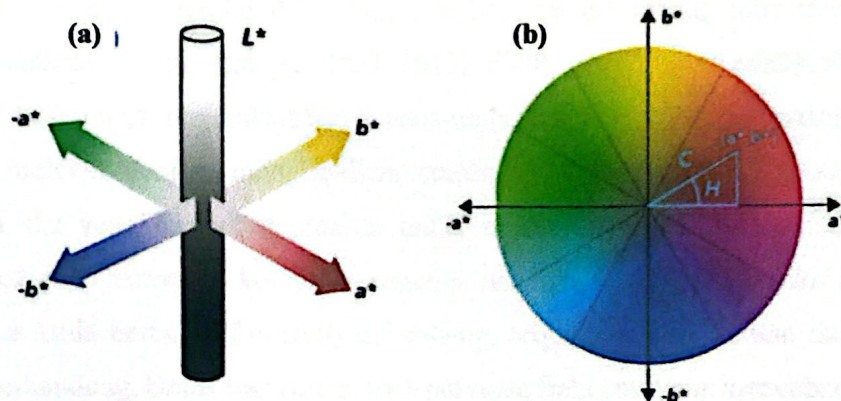
Gambar II.8 Rentang gelombang elektromagnetik (Nassau, 1998)

Tabel II.11 Spesifikasi gelombang cahaya tampak mata normal (Nassau, 1998)

Warna	Panjang gelombang (nm)	Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )
Merah	700	14.286
Jingga	600	16.667
Kuning	580	17.241
Hijau (kekuningan)	550	18.182
Cyan (hijau kebiruan)	500	20.000
Biru	450	22.222
Ungu	400	25.000

Uji warna suatu benda dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya adalah HunterLab, dan CIE  $L^*a^*b$ . *Commission Internationale de L'éclairage* (CIE) pada 1976 mengeluarkan metode CIE LAB *color space* (Roy Choudhury, 2015). CIE LAB *color space* merupakan diagram warna tiga dimensi yang menunjukkan posisi suatu warna. Nilai positif  $a^*$  menunjukkan koordinat warna merah yang berlawanan dengan nilai  $a^*$  negatif yang menunjukkan koordinat warna hijau. Nilai positif  $b^*$

menunjukkan koordinat warna kuning yang berlawanan dengan nilai  $b^*$  negatif yang menunjukkan koordinat warna biru. Untuk nilai  $L$  menunjukkan koordinat *lightness* 'kecerahan', semakin tinggi nilai  $L$ , semakin terang warnanya (Wee dkk., 2006). Gambar II.9 menunjukkan CIE LAB *color space*.



Gambar II.9 CIE LAB *color space*: (a) CIE LAB *color space* tiga dimensi dan (b) CIE LAB *color space* dua dimensi (Delazio dkk., 2017)

Perbedaan warna keseluruhan suatu benda dengan lainnya pada metode CIE  $L^*a^*b^*$  disebut dengan  $\Delta E^*_{ab}$  yang didefinisikan sebagai Persamaan II.1 berikut.

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (II.3)$$

dengan:

$\Delta L^*$  = perbedaan koordinat  $L^*$  (*lightness*)

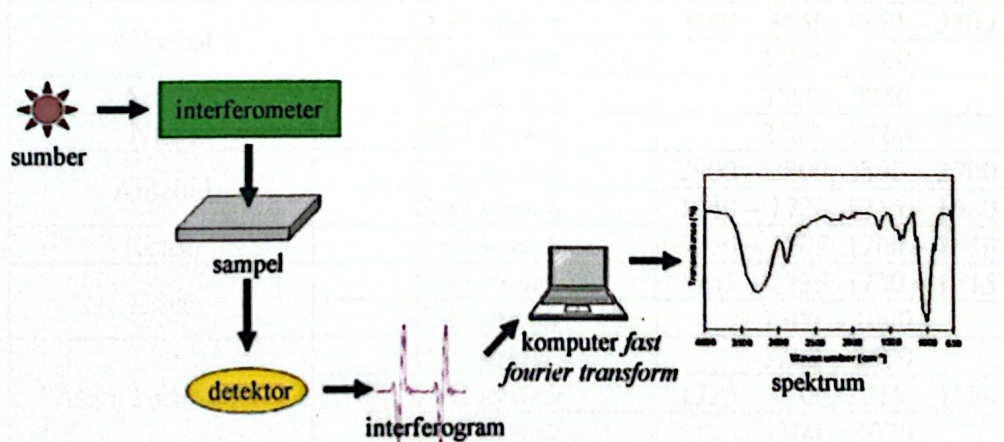
$\Delta a^*$  = perbedaan koordinat  $a^*$  (merah-hijau)

$\Delta b^*$  = perbedaan koordinat  $b^*$  (kuning-biru)

Salah satu metode pengujian perbedaan warna suatu spesimen adalah ASTM D 2244 dengan alat uji *colorimetric spectrometer*. Pada metode ini tidak ada ketentuan khusus ukuran spesimen uji, namun mengikuti instruksi alat *colorimetric spectrometer* tiap manufaktur (ASTM, 2005). Spesimen uji sebaiknya memiliki warna yang benar-benar homogen di tiap sisinya. Untuk mencapai hal tersebut, polimer dapat diproses menggunakan pengaduk seperti *thermokinetic mixer* terlebih dahulu sebelum dicetak menjadi spesimen uji.

## II.7 Pengujian Gugus Fungsi

Instrumen yang digunakan untuk menjelaskan serapan spektrum suatu senyawa disebut dengan spektrofotometer (Mohamed dkk., 2017). *Fourier transform infrared* (FTIR) *spectroscopy* adalah suatu alat yang digunakan untuk memperoleh penyerapan, emisi, fotokonduktivitas, penghaburan gelombang infra-merah dari suatu padatan, cairan, atau gas (Paul, 2013). FTIR *spectroscopy* adalah alat yang sangat baik untuk mengidentifikasi jenis-jenis ikatan kimia yang terdapat pada suatu molekul dengan menghasilkan spektrum aborbansi. FTIR *spectroscopy* adalah alat yang banyak digunakan untuk mengidentifikasi ikatan kimia yang terdapat pada senyawa kompleks organik maupun anorganik. Ikatan molekul bergetar pada berbagai frekuensi gelombang, tergantung jenis ikatan dan unsur yang terkandung. Untuk tiap ikatan, terdapat suatu frekuensi yang menyebabkannya bergetar. Gelombang infra-merah yang digunakan FTIR *spectroscopy* memiliki panjang gelombang  $4000\text{ cm}^{-1}$  sampai  $400\text{ cm}^{-1}$  (Athar, 2015). Ilustrasi skema komponen FTIR *spectroscopy* ditunjukkan oleh Gambar II.10.



Gambar II.10 Ilustrasi skema sederhana komponen FTIR *spectroscopy* (Mohamed dkk., 2017)

Instrumen menghasilkan radiasi infra-merah yang dipancarkan oleh sumber benda hitam. Kemudian, sinar melalui interferometer yang meng-*encode* spektrum. Rekombinasi dari sinar yang berbeda panjangnya dalam interferometer yang konstruktif dan deskruktif disebut sebagai interferogram. Pancaran sinar kemudian memasuki zat referensi. Zat referensi menyerap frekuensi energi tertentu yang

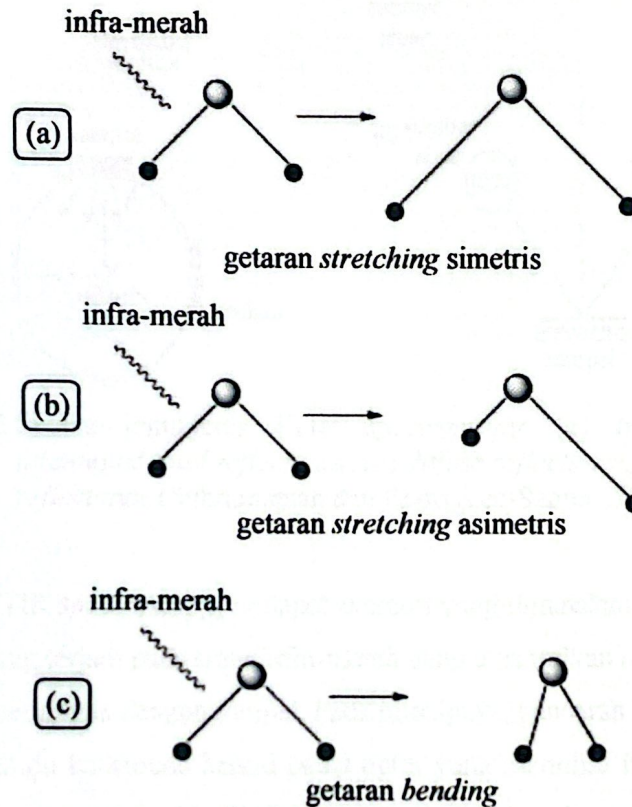
merupakan karakter unik sampel. Kemudian, detektor mengukur interferogram khusus dalam bentuk energi melawan waktu untuk setiap gelombang frekuensi. Spektrum akhir diperoleh setelah inferometer mengurangi spektrum referensi dari spektrum sampel secara otomatis dengan perangkat lunak komputer FTIR (Mohamed dkk., 2017). Absorbansi gelombang FTIR beberapa ikatan kimia ditunjukkan oleh Tabel II.12.

Tabel II.12 Absorbansi gelombang infra-merah beberapa ikatan kimia (Mohrig dkk., 2010)

Jenis senyawa	Jenis ikatan	Absorbansi ( $\text{cm}^{-1}$ )
Alkana	C-H <i>stretch</i>	2990 – 2850
	C-H <i>bend</i>	1480 – 1430, 1395 – 1340
Alkena	=C-H <i>stretch</i>	3100 – 3000
	C=C <i>stretch</i>	1680 – 1620, 1650 – 1600
	=C-H <i>bend</i>	995 – 685
Alkuna	$\equiv$ C-H <i>stretch</i>	3310 – 3200
	C $\equiv$ C <i>stretch</i>	2250 – 2100
Aromatik	C-H <i>stretch</i>	3100 – 3000
	C=C <i>stretch</i>	1620 – 1440
	C-H <i>bend</i>	900 – 680
Alkohol	O-H <i>stretch</i>	3650 – 3550, 3550 – 3200
	C-O <i>stretch</i>	1300 – 1000
Amina	N-H <i>stretch</i>	3550 – 3250
Nitril	C $\equiv$ N <i>stretch</i>	2280 – 2200
Aldehid	C-H <i>stretch</i>	2900 – 2800, 2800 – 2700
	C=O <i>stretch</i>	1740 – 1720, 1715 – 1680
Keton	C=O <i>stretch</i>	1750 – 1705, 1700 – 1650
Ester	C=O <i>stretch</i>	1765 – 1735, 1730 – 1715
	C-O <i>stretch</i>	1300 – 1000
Asam karboksilat	C-H <i>stretch</i>	3200 – 2500
	C=O <i>stretch</i>	1725 – 1700, 1715 – 1680
	C-O <i>stretch</i>	1300 – 1000
Amida	N-H <i>stretch</i>	3500 – 3150
	C=O <i>stretch</i>	1700 – 1630
Anhidrida	C=O <i>stretch</i>	1850 – 1800, 1790 – 1740
	C-O <i>stretch</i>	1300 – 1000
Asam klorida	C=O <i>stretch</i>	1815 – 1770

Ketika radiasi infra-merah jatuh ke suatu molekul dan terserap, hal ini menyebabkan getaran dan putaran pada molekul. Secara luas getaran tersebut dapat diklasifikasikan sebagai getaran *stretching* 'meregang' dan getaran *bending*

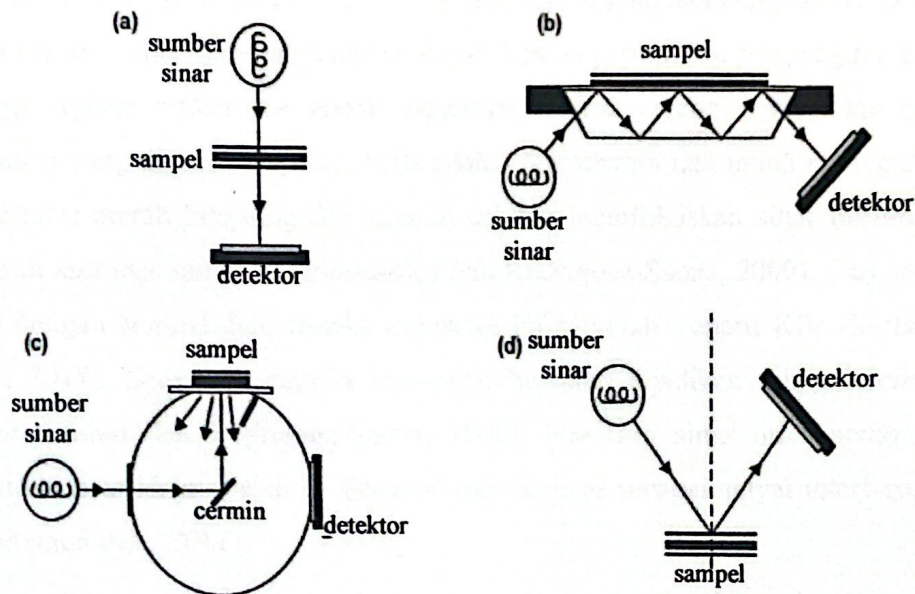
'menekuk'. Getaran *stretching* diklasifikasikan menjadi dua, yaitu simetris dan asimetris. Getaran *stretching* memerlukan energi yang lebih besar dibanding getaran *bending*. Oleh sebab itu, getaran *stretching* ditemukan di bilangan gelombang yang lebih tinggi dibandingkan getaran *bending*. Begitu pula getaran asimetris yang memerlukan energi yang lebih besar dibanding getaran simetris. Efek pancaran infra-merah pada molekul ditunjukkan oleh Gambar II.11 (Sridharan, 2016).



Gambar II.11 Efek pancaran infra-merah terhadap molekul: (a) getaran *stretching* simetris, (b) getaran *stretching* asimetris, dan (c) getaran *bending* (Sridharan, 2016)

Terdapat beberapa jenis metode penanganan pada sampel uji FTIR *spectroscopy*. Pada umumnya, terdapat empat teknik yang digunakan, yaitu *transmission*, *attenuated total reflectance (ATR)*, *diffuse reflectance*, dan *specular reflectance*. Secara sederhana, teknik *transmission* tidak memerlukan aksesori terpisah. Penguji secara sederhana menempatkan sampel uji langsung pada pancaran sinar infra-merah. Gelombang infra-merah melalui sampel, energi yang ditransmisikan

diukur, kemudian spektrum didapatkan (Mohamed dkk., 2017). Skema sederhana jenis-jenis FTIR *spectroscopy* ditunjukkan oleh Gambar II.12.



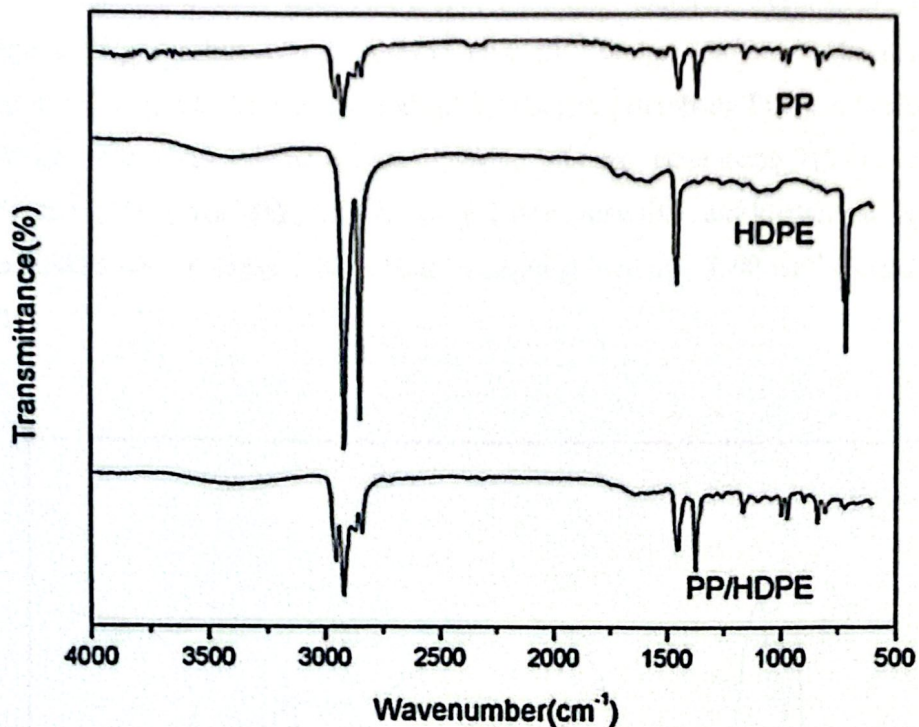
Gambar II.12 Skema jenis-jenis FTIR *spectroscopy*. (a) *transmission*, (b) *attenuated total reflectance*, (c) *diffuse reflectance*, dan (d) *specular reflectance* (Subramanian dan Rodriguez-Saona, 2009)

Pada ATR-FTIR *spectroscopy*, terdapat aksesori yang digunakan untuk mengukur perubahan yang terjadi pada sinar infra-merah yang dipantulkan dari dalam sampel ketika sinar berkontak dengan sampel. Pada prinsipnya, pancaran sinar infra-merah langsung menuju ke sebuah kristal padat optik yang memiliki indeks bias tinggi (seperti berlian, seng selenida (ZnSe), dan germanium) pada sudut tertentu. Sinar infra-merah berkontak dengan kristal ATR dan menghasilkan pantulan internal berganda yang membuat gelombang *evanescent* (gelombang yang transmisinya menjalar sepanjang bidang batas) yang melewati permukaan kristal. Sampel yang berkontak dengan gelombang *evanescent* akan menyerap energi dan hal itu melemahkan gelombang *evanescent*. Pancaran gelombang yang terlemahkan tersebut kembali direfleksikan ke kristal dan keluar menuju detektor. Detektor merekam pelemahan pancaran sinar infra-merah sebagai sinyal interferogram yang selanjutnya digunakan untuk memperoleh spektrum infra-merah (Mohamed dkk., 2017).

Pada *diffuse reflectance spectroscopy* (Drifts) terjadi pembauran pantulan (*diffuse reflectance*) ketika pancaran sinar infra-merah mengenai sampel terpantulkan kembali ke arah acak. Pada proses ini terjadi penyerapan dan penghamburan sinar infra-merah. Penghamburan tersebut terjadi karena permukaan sampel yang kasar. Teknik *diffuse reflectance* cocok digunakan untuk material bubuk dan padat. Aksesori yang digunakan pada Drifts adalah dua cermin rata untuk mengarahkan sinar infra-merah langsung dan cermin cekung memfokuskan sinar infra-merah tepat di atas *cup* sampel (Subramanian dan Rodriguez-Saona, 2009). *Cup* sampel diisi dengan sampel dan matriks transparan infra-merah, seperti KBr (Mohamed dkk., 2017). Spektrum matriks transparan tersebut dijadikan sebagai referensi (Subramanian dan Rodriguez-Saona, 2009). Pancaran sinar infra-merah yang terhamburkan akan masuk ke detektor dan terekam sebagai sinyal interferogram (Mohamed dkk., 2017).

*Specular reflectance* adalah jenis teknik yang terjadi ketika sudut sinar infra-merah datang sama dengan sudut sinar tersebut direfleksikan kembali. Aksesori yang digunakan pada teknik ini terdiri dari beberapa cermin yang mengarahkan sinar infra-merah langsung ke sampel. Pantulan sinar infra-merah dari permukaan sampel langsung diarahkan menuju ke detektor oleh cermin yang lain. Biasanya digunakan emas yang permukaannya memantulkan infra-merah sebagai spektrum referensi. Pada teknik ini sampel yang digunakan perlu memiliki permukaan yang halus (Subramanian dan Rodriguez-Saona, 2009).

Gambar II.13 memperlihatkan spektrum infra-merah campuran PP dan HDPE yang menunjukkan bahwa pencampuran PP dan HDPE menggunakan ekstruder menghasilkan *polyblend* yang tidak membentuk ikatan kimia. Hal tersebut ditunjukkan dengan kemiripan grafik *polyblend* tersebut dengan grafik PP. HDPE memiliki *melt index* yang lebih kecil dibanding PP, sedangkan viskositas HDPE lebih besar daripada PP (Jia-Horng dkk., 2015). Hal ini membuat HDPE dapat mengeluarkan PP dengan mendorongnya keluar ekstruder tanpa ikut tercampur PP dengan membentuk suatu ikatan kimia.

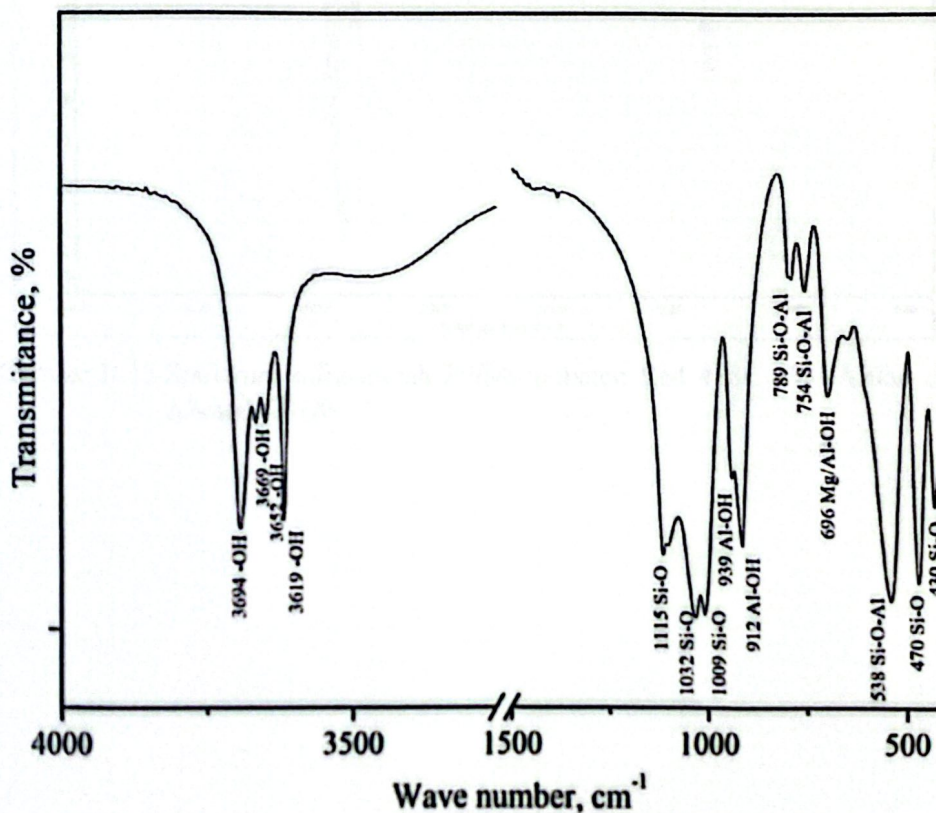


Gambar II.13 Spektrum infra-merah PP, HDPE, dan PP/HDPE (Jia-Horng, 2015)

Polietilena memiliki pita (*band*) serapan di sekitar bilangan gelombang  $2950\text{ cm}^{-1}$ ,  $1460\text{ cm}^{-1}$ , dan dekat  $725\text{ cm}^{-1}$  yang biasanya berjumlah dua pita serapan. Jika polimer tersebut memiliki rantai cabang yang signifikan, maka akan terdeteksi pita pada sekitar bilangan gelombang  $1380\text{ cm}^{-1}$  dan  $1365\text{ cm}^{-1}$ . LLDPE memiliki konsentrasi monomer  $\alpha$ -olefin (biasanya propilena, butena, heksena, oktana, dan 4-metil 1-pentena) yang rendah. Karena banyaknya jumlah gugus metil pada LLDPE, intensitas pita serapan pada rentang bilangan gelombang  $1380\text{ cm}^{-1}$  sampai  $1365\text{ cm}^{-1}$  lebih besar didapatkan pada LLDPE dibanding HDPE (Socrates, 2001).

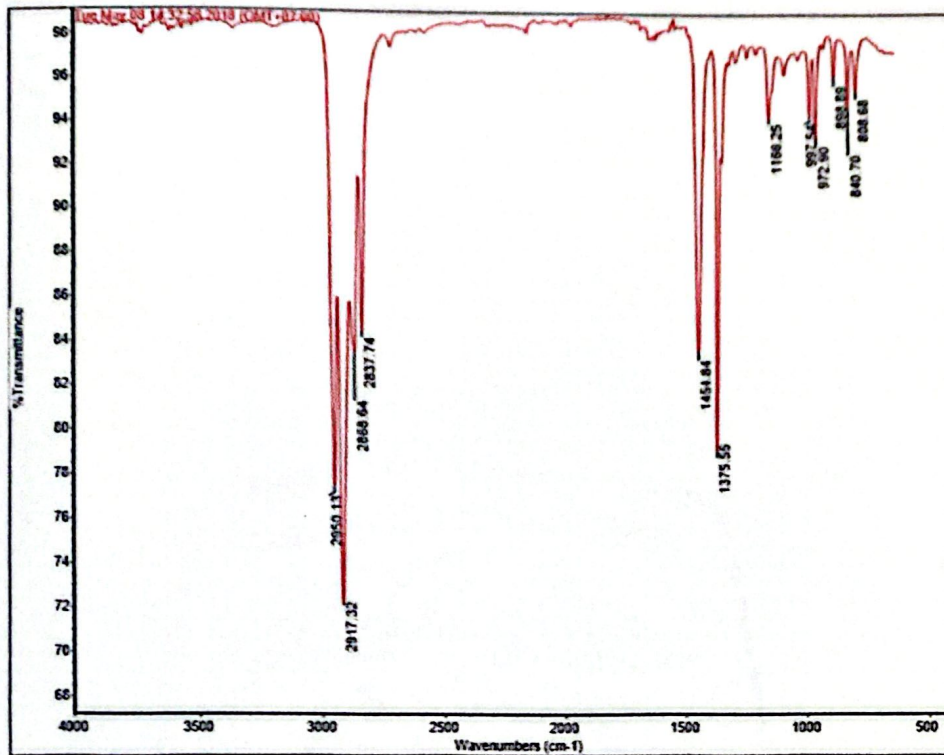
Spektrum infra-merah polipropilena memiliki pita dengan intensitas kuat di dekat  $2950\text{ cm}^{-1}$ ,  $1460\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1380\text{ cm}^{-1}$ , sedangkan pita intensitas menengah ditemukan di dekat  $1155\text{ cm}^{-1}$  dan  $970\text{ cm}^{-1}$ . Polipropilena dengan bentuk isotaktik memiliki pita yang tajam pada daerah  $1250\text{ cm}^{-1}$  sampai  $835\text{ cm}^{-1}$ , sedangkan pada polipropilena ataktik kebanyakan dari pita tersebut tidak ada (Socrates, 2001).

Spektrum infra-merah suatu *clay* kaolin ditunjukkan oleh Gambar II.14. Spektrum infra-merah kaolin pada beberapa merek komersial memiliki absorbansi yang serupa pada posisi bilangan gelombang 1400  $\text{cm}^{-1}$  sampai 400  $\text{cm}^{-1}$ . Absorbansi infra-merah gugus Si-O *stretch* berada pada bilangan gelombang 1120  $\text{cm}^{-1}$  sampai 1000  $\text{cm}^{-1}$  dan untuk  $\text{Al}_2\text{OH}$  berada di sekitar bilangan gelombang 915  $\text{cm}^{-1}$  dan 935  $\text{cm}^{-1}$  (Madejová dkk., 2017). *Clay* kaolin memiliki air kristalisasi yang ditunjukkan oleh absorbansi di sekitar bilangan gelombang 3600  $\text{cm}^{-1}$  (Socrates, 2001).



Gambar II.14 Spektrum infra-merah suatu *clay* kaolin (Tironi dkk., 2012)

Gambar II.15 menunjukkan spektrum infra-merah untuk hasil ekstrusi polipropilena dan 2% Masterbatch Red 418C. Hal tersebut menunjukkan adanya gugus hidrokarbon (C-H) pada bilangan gelombang 2950,27  $\text{cm}^{-1}$ , 2917,77  $\text{cm}^{-1}$ , 2868,17  $\text{cm}^{-1}$ . Sedangkan pada daerah sidik jari terdapat bilangan gelombang 1454,51  $\text{cm}^{-1}$ , 1375,47  $\text{cm}^{-1}$ , 972,84  $\text{cm}^{-1}$ , dan 808,56  $\text{cm}^{-1}$ . Diketahui bahwa komponen yang ada pada kompon tersebut adalah polipropilena dan LLDPE (Alifah dan Ahmad, 2018).



Gambar II.15 Spektrum infra-merah PP/Masterbatch Red 418C 2% (Alifah dan Ahmad, 2018)

## Bab III Metode

### III.1 Waktu dan Tempat

Proses percobaan ekstrusi dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta, uji gugus fungsi dilakukan di Laboratorium Bea Cukai Jakarta, dan uji warna dilakukan di PT S-IK, Cikarang. Penelitian ini dilakukan pada Januari 2020 sampai dengan Agustus 2020.

### III.2 Alat dan Bahan

#### III.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

- a. alat yang digunakan untuk analisis gugus fungsi adalah *attenuated total reflectance-fourier transform infrared (ATR-FTIR) spectroscopy* merek Thermo Scientific Nicolet tipe iS20; serta untuk analisis warna adalah *colorimetric spectrometer* merek Konica Minolta tipe DM-3600D;
- b. alat yang digunakan untuk proses ekstrusi adalah ekstruder *twin screw* merek Collin® tipe TEACH-Line Compounder ZK 25×24 D dilengkapi *water bath* dan *pelletizer*;
- c. alat yang digunakan untuk proses pembuatan spesimen pelat plastik adalah *manual forming machine* merek Cometech tipe QC-601A;
- d. alat pendukung yang digunakan meliputi
  - 1) gunting,
  - 2) gelas kimia,
  - 3) neraca analitik,
  - 4) *air gun*, dan
  - 5) wadah plastik

#### III.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi

- a. resin polipropilena TRILENE® tipe HI10HO produksi PT Chandra Asri Petrochemical,

- b. resin *recycled HDPE* tipe HD-AXI L2020/PC14 produksi PT Langgeng Jaya Plastindo,
- c. *masterbatch* merah tipe Red 418C produksi PT Halim Sakti Pratama, dan
- d. *clay* kaolin tipe White Kaolin Powder-325 produksi PT Aneka Kaolin Utama.

### III.3 Variabel

#### III.3.1 Variabel Tetap

- a. Temperatur operasi
  - a) 190°C untuk mesin ekstruder saat ekstrusi campuran polipropilena dan *masterbatch*;
  - b) 210°C untuk mesin ekstruder saat ekstrusi campuran pembersih.
- b. Kecepatan *screw*
  - a) 100 rpm untuk mesin ekstruder saat ekstrusi campuran polipropilena dan *masterbatch*;
  - b) 100 rpm untuk mesin ekstruder saat ekstrusi campuran pembersih.
- c. Total massa
  - a) 200 gram untuk tiap campuran awal polipropilena dan *masterbatch*;
  - b) 300 gram untuk tiap campuran pembersih.
- d. Komposisi *masterbatch* pada campuran PP/*masterbatch* adalah 2%.

#### III.3.2 Variabel Bebas

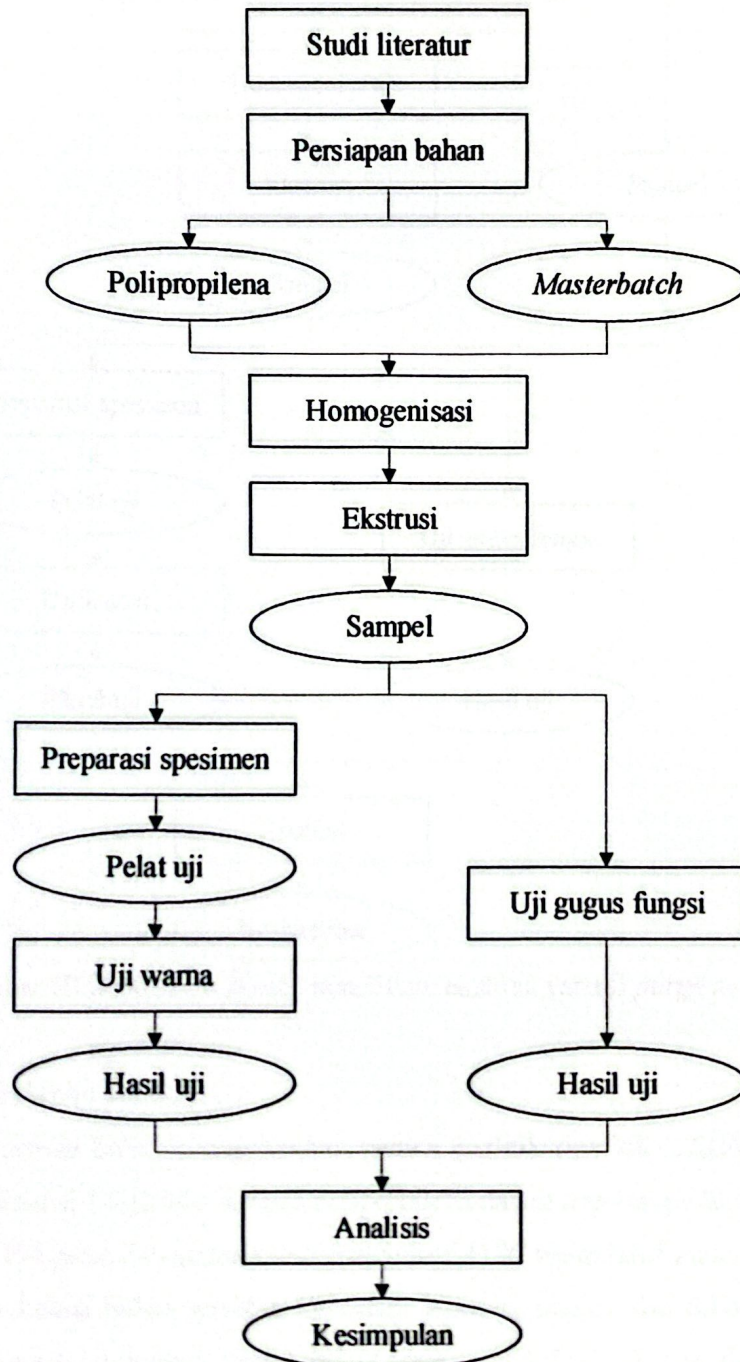
Variabel bebas yang ditetapkan pada penelitian ini adalah jumlah persentase komposisi massa (%wt) campuran dari *recycled HDPE* dan *clay*. Variasi komposisi campuran *purge material* (PM) berbasis *recycled HDPE* ditunjukkan oleh Tabel III.1.

Tabel III.1 Variasi komposisi campuran *purge material*

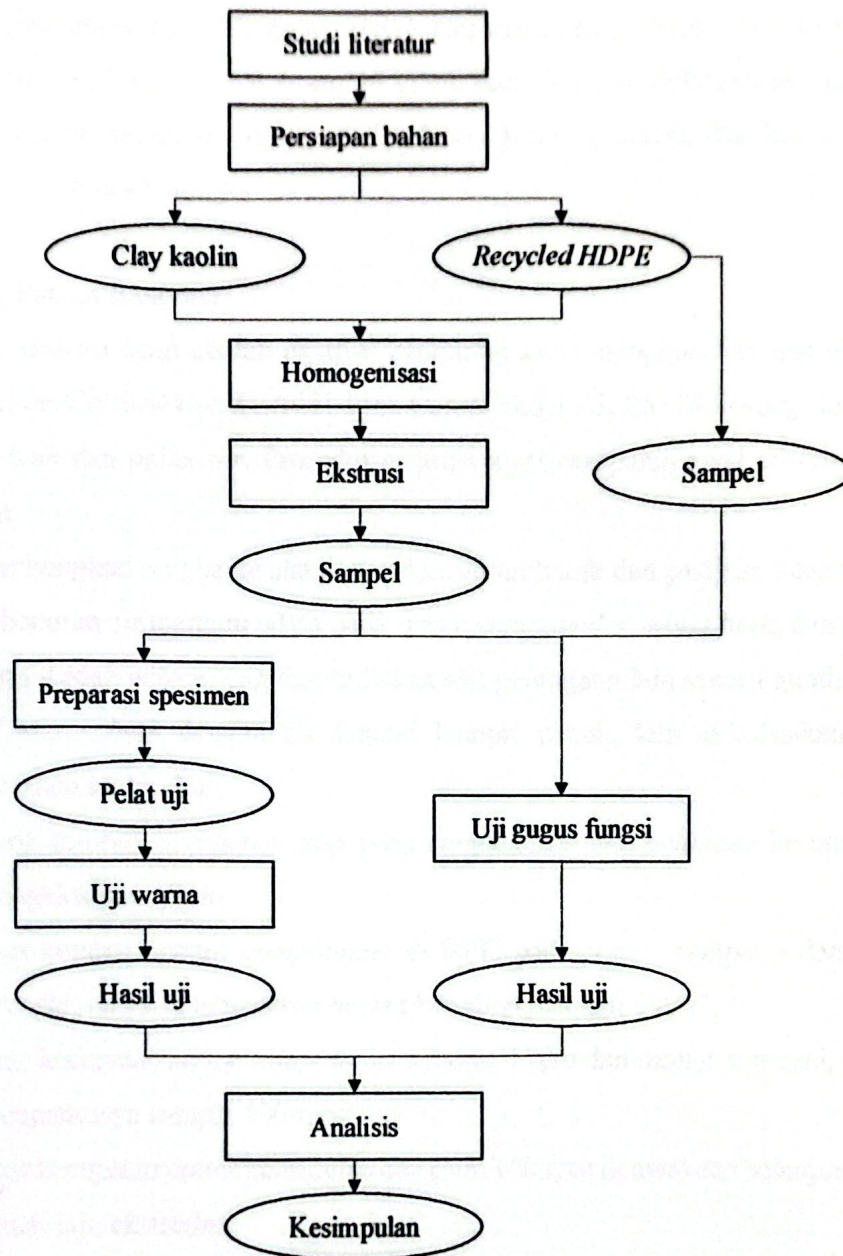
Variasi	Persentase massa (%wt)		Jumlah massa (gram)	
	<i>Recycled HDPE</i>	<i>Clay</i>	<i>Recycled HDPE</i>	<i>Clay</i>
1 ( <i>recycled HDPE/clay</i> 0%)	100	0	300	0
2 ( <i>recycled HDPE/clay</i> 3%)	97	3	291	9
3 ( <i>recycled HDPE/clay</i> 6%)	94	6	282	18
4 ( <i>recycled HDPE/clay</i> 9%)	91	9	273	27

### III.4 Prosedur

Prosedur penelitian dimulai dari ekstrusi polipropilena dan *masterbatch* yang ditunjukkan oleh Gambar III.1, kemudian dilanjutkan ekstrusi variasi *purge material* yang ditunjukkan oleh Gambar III.2.



Gambar III.1 Diagram proses penelitian: ekstrusi polipropilena dan *masterbatch*



Gambar III.2 Diagram proses penelitian: ekstrusi variasi *purge material*

#### III.4.1 Persiapan Bahan

Timbang semua bahan menggunakan neraca analitik tipe KK-LABR (kapasitas beban maksimal 2 kg). Massa resin polipropilena dalam tiap campuran awal adalah sebanyak 196 gram dan massa Masterbatch Red 418C sejumlah 4 gram. Kemudian, masukkan kedua bahan tersebut ke dalam kantong plastik dan dikocok sampai tercampur secara homogen. Untuk massa resin *recycled HDPE* yang dalam variasi campuran *purge material* 1 sampai 4 secara berturut-turut adalah 300 gram, 291

gram, 282 gram, dan 273 gram, sedangkan massa *clay* dalam variasi campuran *purge material* adalah 0, 9 gram, 18 gram, dan 27 gram. Selanjutnya, masukkan kedua bahan campuran pembersih ke dalam kantong plastik dan kocok sampai tercampur secara homogen.

#### III.4.2 Proses Ekstrusi

Proses ekstrusi awal adalah ekstrusi campuran awal menggunakan alat ekstruder *twin screw* Collin® tipe TEACH-Line Compounder ZK 25×24 D yang dilengkapi *water bath* dan *pelletizer*. Prosedur ekstrusi awal campuran awal adalah sebagai berikut:

- a. Sambungkan rangkaian alat ekstrusi ke aliran listrik dan pastikan tidak terdapat kebocoran air maupun udara pada mesin *compounder*, *water bath*, dan *air gun*, serta wadah penampung dan sediakan alat penunjang lain seperti gunting;
- b. Isi *water bath* dengan air sampai hampir penuh, lalu sirkulasi secara perlahan air tersebut;
- c. Tarik tombol *emergency stop* pada *compounder* dan *pelletizer* ke atas untuk mengaktifkan mesin;
- d. Atur kondisi operasi *compounder* di 90°C pada zona 1 sampai 5 dan setelah tercapai, naikan temperatur secara bertahap menjadi 190°C;
- e. Atur kecepatan *screw compounder* sebesar 5 rpm dan setelah tercapai, naikan kecepatannya sampai 100 rpm;
- f. Atur kecepatan *cutter* pada *pelletizer* pada 100 rpm di awal dan selanjutnya atur sesuai laju ekstrudat;
- g. Masukkan campuran awal PP/*masterbatch* 2% ke dalam *hopper*;
- h. Tarik ekstrudat yang keluar dari *die* melalui *water bath*, kemudian arahkan ke dalam *pelletizer* dan tampung hasil potongan dalam wadah;
- i. Setelah material tidak keluar lagi dari *die head*, bersihkan sisa-sisa material dalam *pelletizer*, kemudian lakukan ekstrusi campuran *purge material*.

Setelah sekali ekstrusi campuran awal, selanjutnya gunakan rangkaian *compounder* untuk mengekstrusi variasi campuran *purge material recycled HDPE/clay*. Prosedur penggunaan rangkaian *compounder* pada tahap ini adalah sebagai berikut:

- a. Naikkan kondisi operasi *compounder* secara bertahap pada zona 1 sampai 5 menjadi temperatur 210°C;
- b. Atur kecepatan *screw compounder* pada 100 rpm;
- c. Atur kecepatan *cutter* pada *pelletizer* pada 100 rpm di awal dan selanjutnya atur kecepatan sesuai laju ekstrudat;
- d. Masukkan salah satu variasi campuran *purge material recycled HDPE/clay* ke dalam *hopper*;
- e. Tarik ekstrudat yang keluar dari *die* melalui *water bath*, kemudian arahkan ke dalam *pelletizer* dan tampung hasil potongan dalam wadah;
- f. Setelah material tidak keluar lagi dari *die head*, bersihkan sisa-sisa material dalam *pelletizer*.

Setelah selesai ekstrusi campuran *purge material*, ekstrusi sebanyak 200 gram PP terlebih dahulu. Hal ini untuk mengeluarkan sisa material campuran *purge material* dalam *barrel* sebelum digunakan kembali untuk ekstrusi campuran awal PP/*masterbatch* diikuti variasi campuran pembersih *recycled HDPE/clay* selanjutnya. Lakukan langkah-langkah di atas sampai semua variasi terekstrusi.

### III.4.3 Proses Preparasi Spesimen Uji Warna

Preparasi spesimen uji warna berbentuk pelat dengan tebal 2 mm menggunakan *manual forming machine* Cometech tipe QC-601A. Prosedur pembuatan pelat sampel uji adalah sebagai berikut:

- a. Timbang pelet-pelet hasil potongan *pelletizer* ekstrudat akhir dan bahan baku sebesar 80 gram untuk sampel berbahan dasar *recycled HDPE* dan 75 gram untuk sampel berbahan PP dengan neraca analitik A&D FX-2000i;
- b. Pastikan palet wadah logam pencetak bersih tanpa noda bekas material sebelumnya;
- c. Sambungkan daya ke aliran listrik dan atur pemanas (*heater*) pada suhu 190°C untuk membuat pelat PP/*masterbatch* 2% dan 155°C untuk membuat pelat spesimen uji bahan baku *recycled HDPE*, PM variasi 1, PM variasi 2, PM variasi 3, dan PM variasi 4;

- d. Tuang pelet-pelet yang telah ditimbang ke atas salah satu palet logam yang telah diberi bingkai logam dan ratakan pelet-pelet tersebut ke bagian tengah palet, kemudian tutup dengan palet logam yang lain;
- e. Atur *timer* pada 20 menit;
- f. Setelah suhu operasi yang diinginkan tercapai, letakkan palet pada *manual forming machine*;
- g. Pompa tuas hidrolis sampai palet atas dan bawah rapat;
- h. Setiap celah antar palet terlihat tidak rapat, tambahkan tekanan sampai palet-palet rapat kembali;
- i. Naikkan tekanan sampai  $200 \text{ kg/cm}^3$  pada 15 menit akhir waktu *timer*;
- j. Setelah waktu *timer* habis, atur temperatur *heater* pada  $70^\circ\text{C}$  dan buka keran air pendingin;
- k. Setelah tercapai  $70^\circ\text{C}$ , lepas tekanan pompa hidraulis dan angkat palet;
- l. Ambil hasil pelat spesimen uji dari cetakan dan rapihkan sisinya;
- m. Potong pelat yang dihasilkan dengan gunting pada bagian yang rata kira-kira seluas  $45 \text{ cm}^2$ , kemudian lakukan langkah-langkah tersebut untuk spesimen uji warna selanjutnya.

#### III.4.4 Proses Pengujian Warna

Alat untuk uji warna adalah *colorimetric spectrometer* Konica Minolta tipe DM-3600D dengan standar CIE *illuminant* D 65-10 dan standar proses ASTM D2244-05. Proses uji warna adalah sebagai berikut:

- a. Pastikan spesimen uji tidak melengkung atau rata;
- b. Jepit spesimen uji di depan lubang *input colorimetric spectrometer*;
- c. Lewat perangkat lunak komputer, atur nama sampel dan keterangan, lalu mulailah pengukuran warna sampel;
- d. Setelah hasil koordinat  $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$  diperoleh, lanjutkan ke spesimen berikutnya dengan langkah-langkah yang sama.

#### III.4.5 Proses Preparasi Spesimen Uji Gugus Fungsi

Sampel berbentuk pelet langsung dijadikan spesimen uji alat ATR-FTIR *spectroscopy* Thermofisher Scientific Nicolet tipe iS20.

### III.4.6 Proses Pengujian Gugus Fungsi

Alat uji gugus fungsi adalah ATR-FTIR *spectroscopy* Thermofisher Scientific Nicolet tipe iS20 dengan metode *Indonesia Customs and Excise Laboratory Guide* (ICEL) 1500.M01. Prosedur penggunaan alat ATR-FTIR *spectroscopy* tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Setelah alat FTIR *spectroscopy* tersambung daya, nyalakan instrumen tersebut dan ditunggu proses inisiasinya;
- b. Nyalakan komputer yang terhubung dan buka aplikasi Spectrum;
- c. Pindai *background* terlebih dahulu sebelum sampel ditempatkan pada tempat sampel;
- d. Lakukan *collect sampel* untuk memindai sampel;
- e. Simpan hasil spektrum infra-merah yang didapatkan.

## BAB IV Hasil dan Pembahasan

### IV.1 Hasil Uji Warna

Uji warna dilakukan dengan standar ASTM D2244-05. Cahaya *illuminant* yang digunakan adalah standar CIE D 65-10, yaitu *daylight illuminant*. Tiap sampel diuji warnanya sebanyak 3 (tiga) kali pengujian. Hal tersebut karena warna pelat uji tidak homogen sepenuhnya, sebab tidak dicampur dengan suatu *mixer* terlebih dahulu sebelum dibentuk pelat. Hasil uji warna penelitian ini ditunjukkan oleh Tabel IV.1.

Tabel IV.1 Hasil uji warna PP/masterbatch 2%, bahan baku *recycled HDPE*, dan variasi-variasi *purge material*

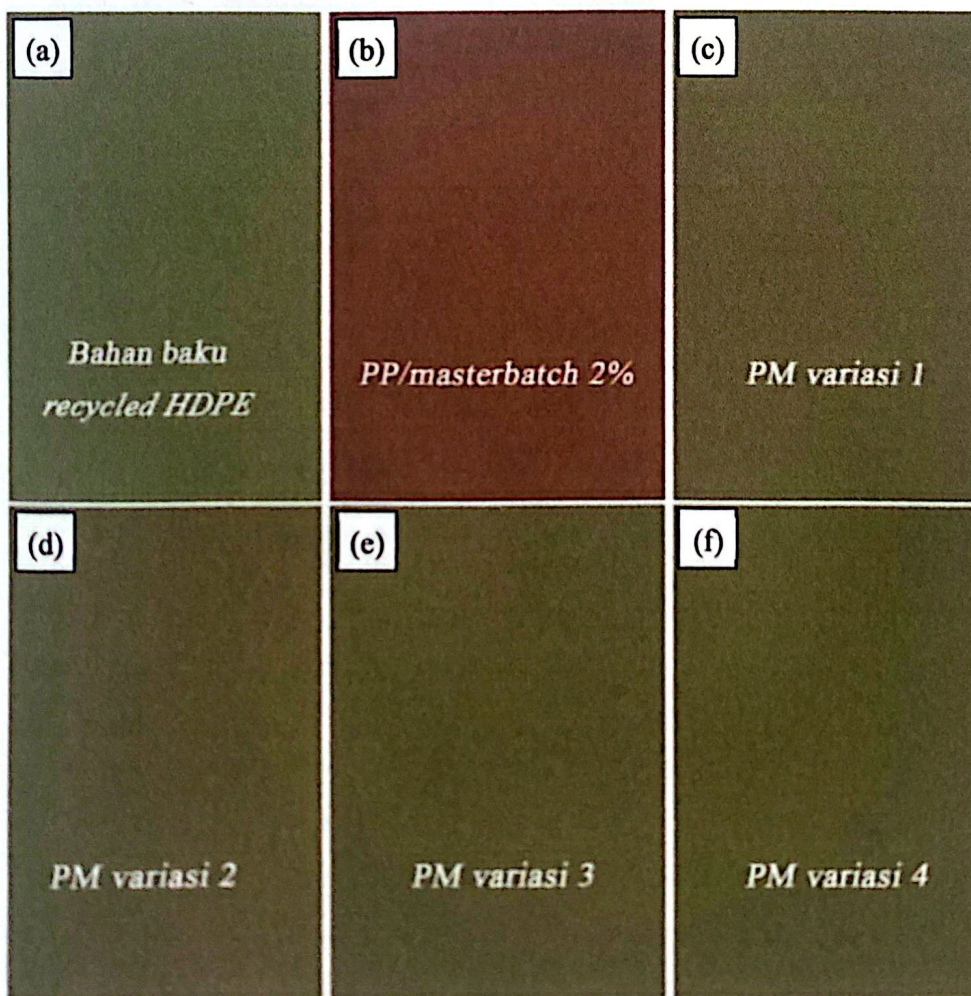
No.	Jenis sampel	Uji ke	$L^*$	$\bar{L}^*$	$a^*$	$\bar{a}^*$	$b^*$	$\bar{b}^*$
1.	PP/masterbatch 2%	1	38,52	38,42	40,67	40,93	23,13	23,59
		2	38,21		41,38		24,31	
		3	38,52		40,73		23,33	
2.	Bahan baku <i>recycled HDPE</i>	1	55,35	55,18	1,02	0,97	12,56	12,53
		2	55,10		0,96		12,51	
		3	55,10		0,94		12,52	
3.	PM variasi 1: <i>recycled HDPE/clay</i> 0%	1	50,04	50,08	5,43	5,32	11,74	11,79
		2	50,13		5,10		11,88	
		3	50,08		5,44		11,74	
4.	PM variasi 2: <i>recycled HDPE/clay</i> 3%	1	50,40	50,52	4,78	4,74	13,21	13,19
		2	50,50		4,70		13,21	
		3	50,66		4,73		13,15	
5.	PM variasi 3: <i>recycled HDPE/clay</i> 6%	1	49,56	49,42	3,84	3,88	12,45	12,48
		2	49,45		3,88		12,53	
		3	49,25		3,92		12,46	
6.	PM variasi 4: <i>recycled HDPE/clay</i> 9%	1	49,07	48,78	3,47	3,56	12,47	12,35
		2	48,67		3,58		12,28	
		3	48,59		3,64		12,29	

Keterangan:

- $L^*$  : nilai koordinat warna kecerahan (*lightness*)
- $\bar{L}^*$  : rata-rata koordinat warna kecerahan (*lightness*)
- $a^*$  : nilai koordinat warna merah-hijau
- $\bar{a}^*$  : rata-rata koordinat warna merah-hijau
- $b^*$  : nilai koordinat warna kuning-biru
- $\bar{b}^*$  : rata-rata koordinat warna kuning-biru

Dari data hasil uji warna pada Tabel IV.1, dibuat pencitraan digital warna sampel yang ditunjukkan oleh Gambar IV.1 dan dihitung nilai perbedaan warna untuk masing-masing koordinat warna dan keseluruhan perbedaan warna ( $\Delta E^*_{ab}$ ) jenis-

jenis sampel terhadap bahan ekstrusi awal yang dibersihkan, yaitu PP/*masterbatch* 2% dan terhadap bahan baku *purge material* (PM), yaitu *recycled HDPE*. Nilai yang digunakan untuk koordinat warna tiap sampel adalah nilai rata hasil pengujian 3 (tiga) kali yang tertera pada Tabel IV.1. Persamaan II.1 digunakan untuk menghitung  $\Delta E^*_{ab}$ . Perhitungan rata-rata hasil uji warna, perbedaan warna terhadap PP/*masterbatch* 2%, dan perbedaan warna terhadap bahan baku *recycled HDPE* terlampir pada Lampiran E. Perbedaan warna jenis-jenis sampel terhadap PP/*masterbatch* ditunjukkan oleh Tabel IV.2, sedangkan perbedaan warna sampel variasi *purge material* terhadap bahan baku *recycled HDPE* ditunjukkan Tabel IV.3.



Gambar IV.1 Pencitraan digital warna sampel: (a) bahan baku *recycled HDPE*, (b) PP/*masterbatch* 2%, (c) PM variasi 1, (d) PM variasi 2, (e) PM variasi 3, dan (f) PM variasi 4

Tabel IV.2 Perbedaan warna jenis sampel terhadap PP/masterbatch 2%

No.	Jenis sampel	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E^*_{ab}$
1.	Bahan baku <i>recycled HDPE</i>	16,76	-39,96	-11,06	44,72
2.	PM variasi 1: <i>recycled HDPE/clay 0%</i>	11,66	-35,61	-11,80	39,28
3.	PM variasi 2: <i>recycled HDPE/clay 3%</i>	12,10	-36,19	-10,40	39,55
4.	PM variasi 3: <i>recycled HDPE/clay 6%</i>	11,00	-37,05	-11,11	40,21
5.	PM variasi 4: <i>recycled HDPE/clay 9%</i>	10,36	-37,37	-11,24	40,38

Keterangan:

- a.  $\Delta L^*$  : nilai perbedaan warna kecerahan terhadap PP/masterbatch 2%
- b.  $\Delta a^*$  : nilai perbedaan warna merah-hijau terhadap PP/masterbatch 2%
- c.  $\Delta b^*$  : nilai perbedaan warna kuning-biru terhadap PP/masterbatch 2%
- d.  $\Delta E^*_{ab}$  : nilai keseluruhan perbedaan warna terhadap PP/masterbatch 2%

Tabel IV.3 Perbedaan warna sampel *purge material* terhadap bahan baku *recycled HDPE*

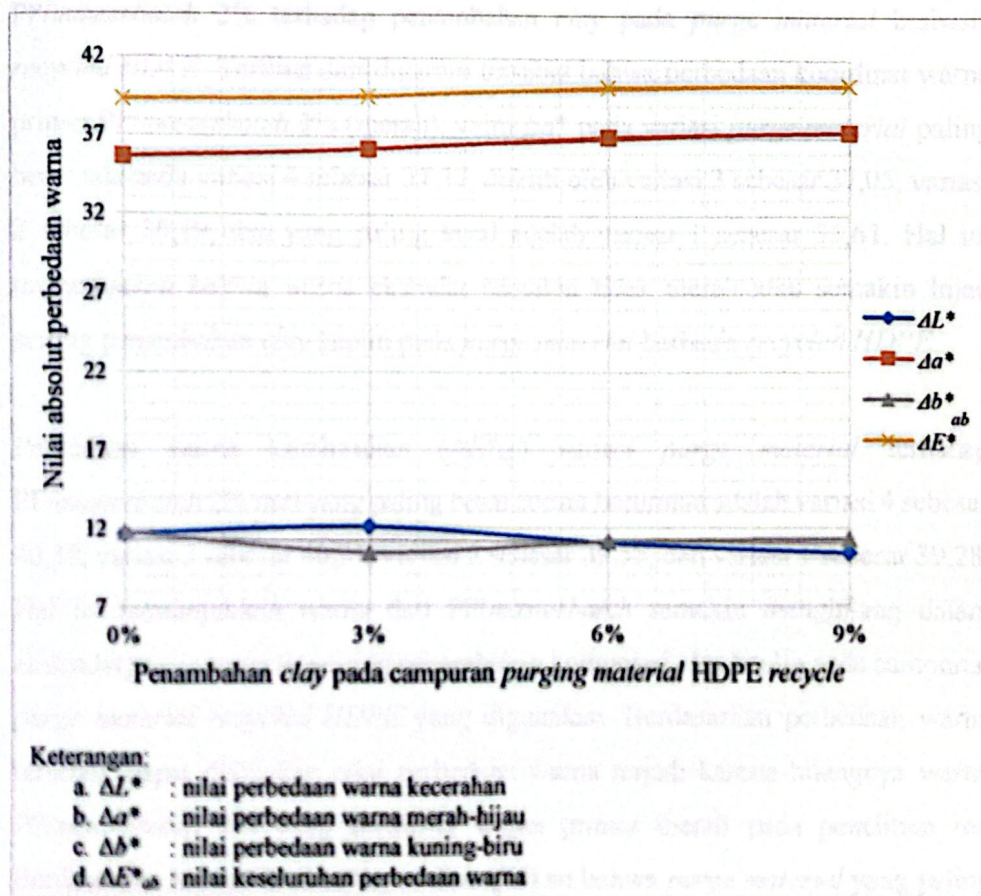
No.	Jenis sampel	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E^*_{ab}$
1.	PM variasi 1: <i>recycled HDPE/clay 0%</i>	-5,10	4,35	-0,74	6,74
2.	PM variasi 2: <i>recycled HDPE/clay 3%</i>	-4,66	3,77	0,66	6,03
3.	PM variasi 3: <i>recycled HDPE/clay 6%</i>	-5,76	2,91	-0,05	6,45
4.	PM variasi 4: <i>recycled HDPE/clay 9%</i>	-6,40	2,59	-0,18	6,91

Keterangan:

- a.  $\Delta L^*$  : nilai perbedaan warna kecerahan terhadap bahan baku *recycled HDPE*
- b.  $\Delta a^*$  : nilai perbedaan warna merah-hijau terhadap bahan baku *recycled HDPE*
- c.  $\Delta b^*$  : nilai perbedaan warna kuning-biru terhadap bahan baku *recycled HDPE*
- d.  $\Delta E^*_{ab}$  : nilai keseluruhan perbedaan warna terhadap bahan baku *recycled HDPE*

Dari Gambar IV.1 dapat diketahui bahwa sampel PP/masterbatch 2% memiliki warna merah, yaitu cahaya tampak dengan panjang gelombang berkisar 700 nm sampai 650 nm. Warna merah semakin lama semakin pudar dari ekstrudat *purge material* seiring penambahan *clay kaolin*. Hal ini menunjukkan panjang gelombang cahaya tampak ekstrudat *purge material* semakin kecil karena penambahan *clay kaolin*. Secara berurutan panjang gelombang cahaya tampak sampel-sampel uji dari yang terbesar adalah PP/masterbatch 2%, PM variasi 1, PM variasi 2, PM variasi 3, PM variasi 4, dan bahan baku *recycled HDPE*.

Pada Tabel IV.2 dan Tabel IV.3, nilai positif  $\Delta L^*$  menunjukkan warna lebih terang, sedangkan negatif  $\Delta L^*$  menunjukkan warna lebih gelap daripada warna PP/masterbatch 2% dan bahan baku *recycled HDPE*. Nilai positif  $\Delta a^*$  menunjukkan warna lebih merah, sedangkan nilai negatif  $\Delta a^*$  menunjukkan warna lebih hijau daripada warna PP/masterbatch 2% dan bahan baku *recycled HDPE*. Nilai positif  $\Delta b^*$  menunjukkan warna lebih kuning, sedangkan nilai negatif  $\Delta b^*$  menunjukkan warna lebih biru daripada warna PP/masterbatch 2% dan bahan baku *recycled HDPE*. Selanjutnya, analisis dilakukan dengan diagram nilai perbedaan warna absolut terhadap penambahan *clay* pada campuran *purge material*.



Gambar IV.2 Diagram perbedaan warna dengan PP/masterbatch 2% terhadap penambahan *clay* pada *purge material recycled HDPE*

Dari Tabel IV.2 terlihat bahwa perbedaan warna keseluruhan bahan baku *recycled HDPE* terhadap warna PP/masterbatch 2% adalah 44,72. Hal ini menunjukkan bahwa *recycled HDPE* yang digunakan memiliki warna yang jauh berbeda dari

bahan yang ingin dibersihkan, yaitu PP/*masterbatch* 2%. Warna primer dari PP/*masterbatch* adalah merah dengan nilai koordinat  $a^*$  sebesar 40,93, sedangkan warna bahan baku *purge material recycled HDPE* adalah kuning pucat dengan rata-rata koordinat  $L^*$  sebesar 55,18 dan koordinat  $b^*$  sebesar 12,53.

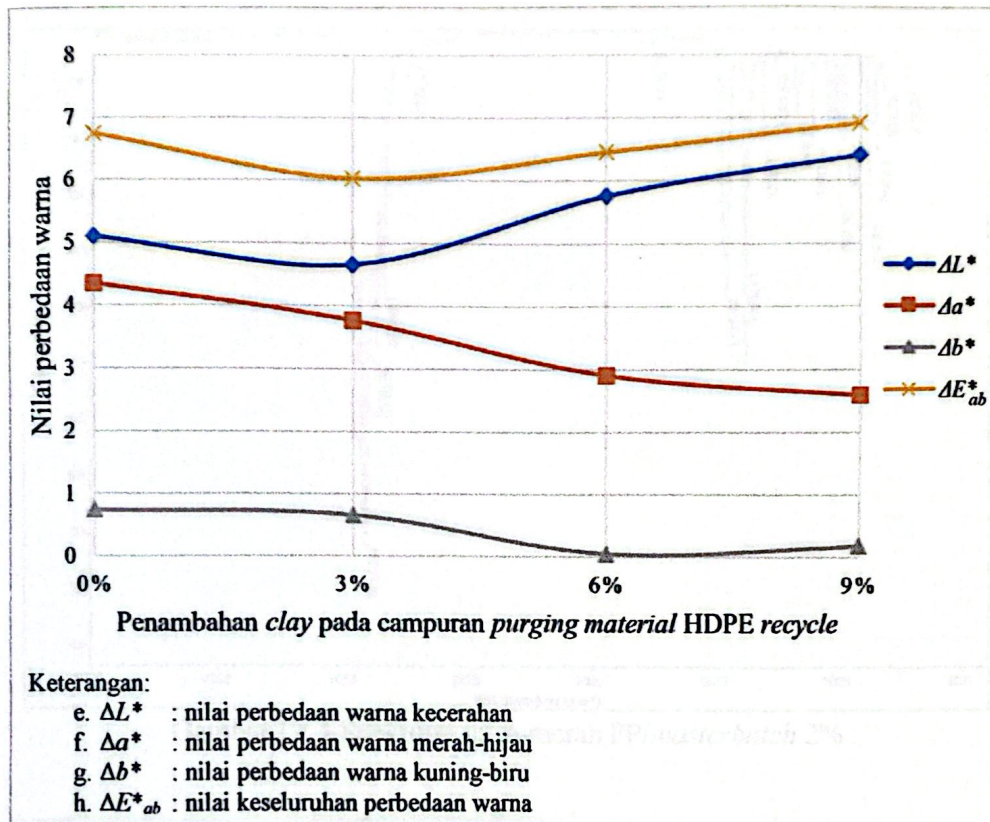
*Purge material* yang baik adalah yang mengeluarkan sisa material sebelumnya dari dalam *barrel*. Salah satu kondisi yang dapat menunjukkan *barrel* sudah bersih dari material yang sebelumnya adalah warna material sebelumnya sudah menghilang.

Gambar IV.2 menunjukkan diagram garis nilai absolut perbedaan warna dengan PP/*masterbatch* 2% terhadap penambahan *clay* pada *purge material* berbasis *recycled HDPE*. Terlihat dari diagram tersebut bahwa perbedaan koordinat warna primer PP/*masterbatch* 2% (merah), yaitu  $\Delta a^*$  pada variasi *purge material* paling besar ada pada variasi 4 sebesar 37,37, diikuti oleh variasi 3 sebesar 37,05, variasi 2 sebesar 36,19, dan yang paling kecil adalah variasi 1 sebesar 35,61. Hal ini menunjukkan bahwa warna ekstrudat semakin tidak merah atau semakin hijau seiring penambahan *clay* kaolin pada *purge material* berbasis *recycled HDPE*.

Perbedaan warna keseluruhan ( $\Delta E^*_{ab}$ ) variasi *purge material* terhadap PP/*masterbatch* 2% dari yang paling besar secara berurutan adalah variasi 4 sebesar 40,38, variasi 3 sebesar 40,21, variasi 2 sebesar 39,55, dan variasi 1 sebesar 39,28. Hal ini menunjukkan warna dari PP/*masterbatch* semakin menghilang dalam ekstrudat *purge material* seiring penambahan komposisi *clay* kaolin pada campuran *purge material recycled HDPE* yang digunakan. Berdasarkan perbedaan warna tersebut, dapat dikatakan nilai perbedaan warna terjadi karena hilangnya warna PP/*masterbatch* 2% yang memiliki warna primer merah pada penelitian ini. Berdasarkan hal-hal di atas, dapat disimpulkan bahwa *purge material* yang paling baik adalah *purge material* variasi 4, yaitu campuran *recycled HDPE/clay* 9%.

Analisis selanjutnya adalah perbedaan warna terhadap bahan baku yang digunakan, yaitu *recycled HDPE*. Dari Tabel IV.3, dibuatlah diagram garis pada Gambar IV.3 yang menunjukkan nilai absolut perbedaan warna variasi *purge material* dengan

bahan baku *recycled HDPE* terhadap penambahan *clay* pada *purge material recycled HDPE*.



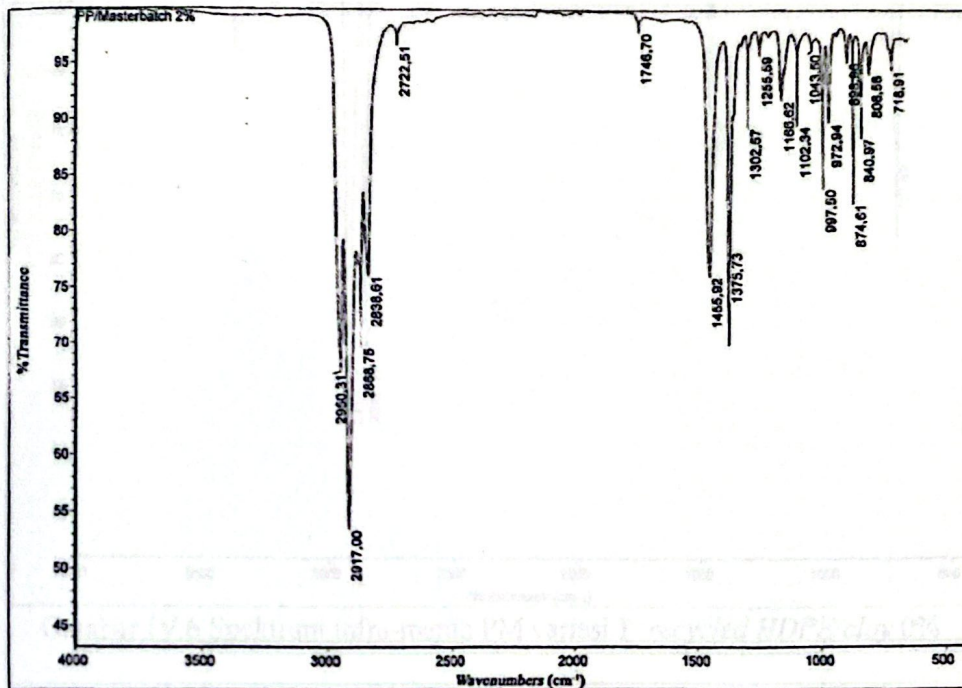
Gambar IV.3 Diagram perbedaan warna dengan bahan baku *recycled HDPE* terhadap penambahan *clay* pada *purge material recycled HDPE*

Gambar IV.3 menunjukkan bahwa  $\Delta E^*_{ab}$  dari variasi penambahan *clay* pada campuran *purge material recycled HDPE* menghasilkan warna ekstrudat yang makin berbeda dari penambahan 3% sampai 9% *clay* terhadap bahan baku *recycled HDPE* yang digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa warna ekstrudat *purge material* tidak hanya dipengaruhi kontaminasi PP/*masterbatch* 2%, namun juga sudah terpengaruh karena penambahan *clay*.

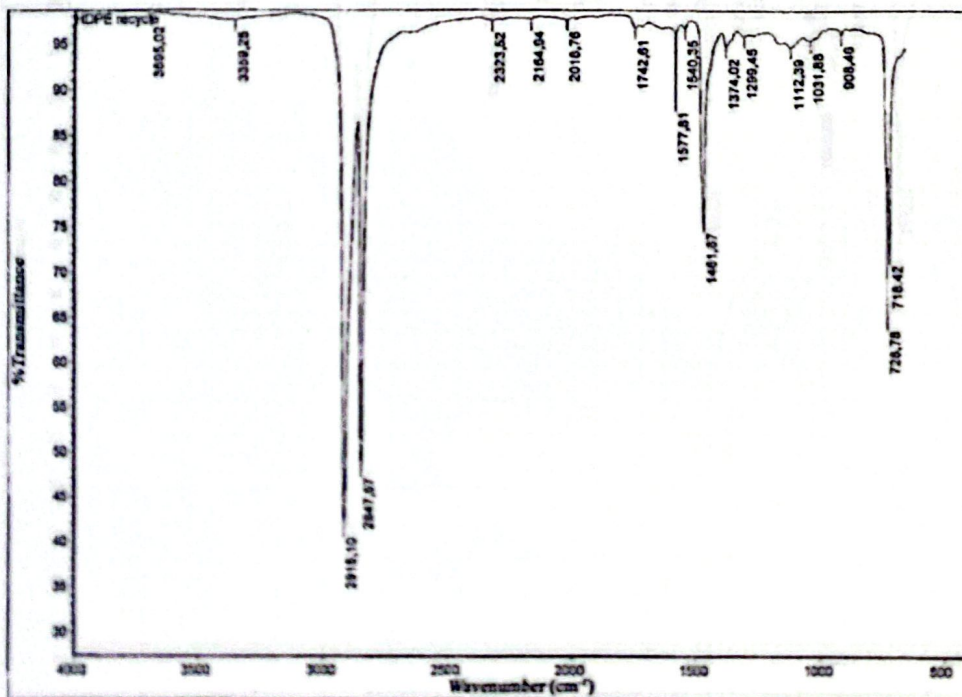
#### IV.2 Hasil Uji Gugus Fungsi

Uji gugus fungsi dengan alat ATR-FTIR *spectroscopy* dilakukan secara kualitatif. Metode pengujian yang digunakan adalah *Indonesia Customs and Excise Laboratory Guide* (ICEL) 1500.M01 yang diserap dari ASTM E1252-98: *Standard*

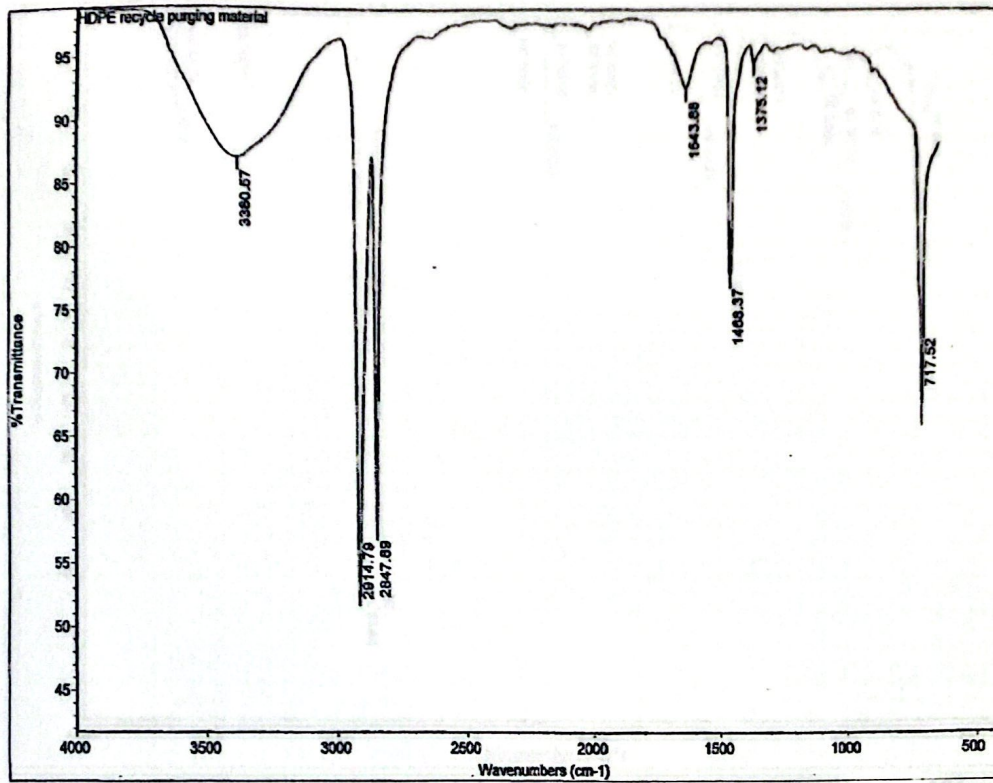
Practice for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis. Spektrum hasil uji gugus fungsi ditunjukkan oleh Gambar IV.4 sampai Gambar IV.9.



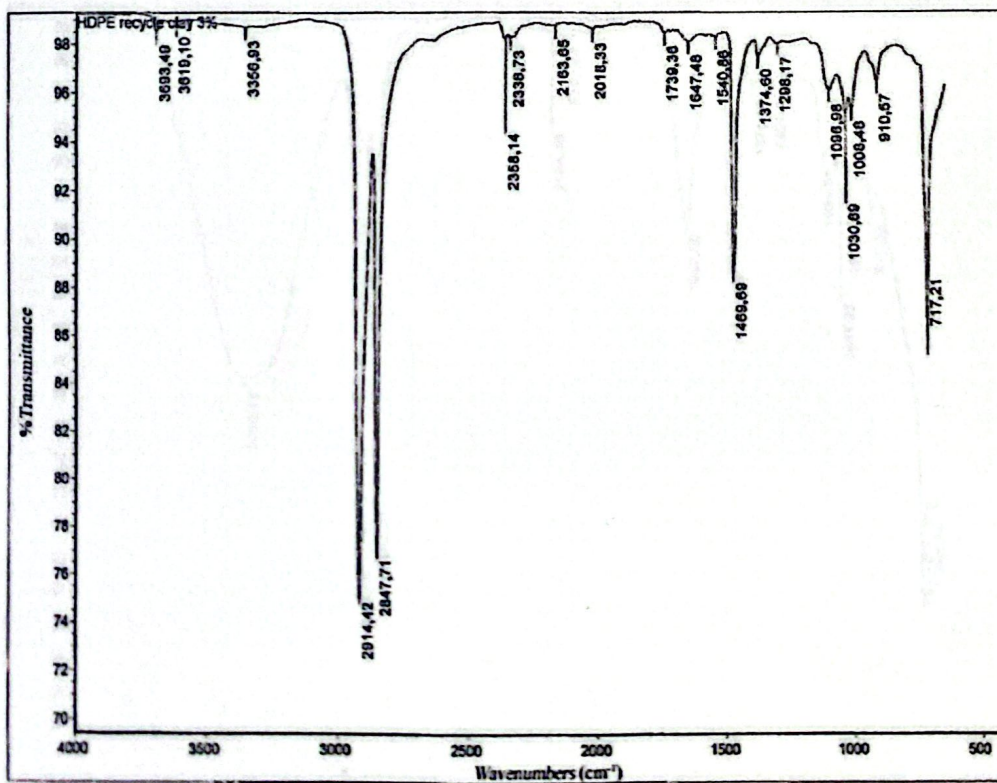
Gambar IV.4 Spektrum infra-merah PP/masterbatch 2%



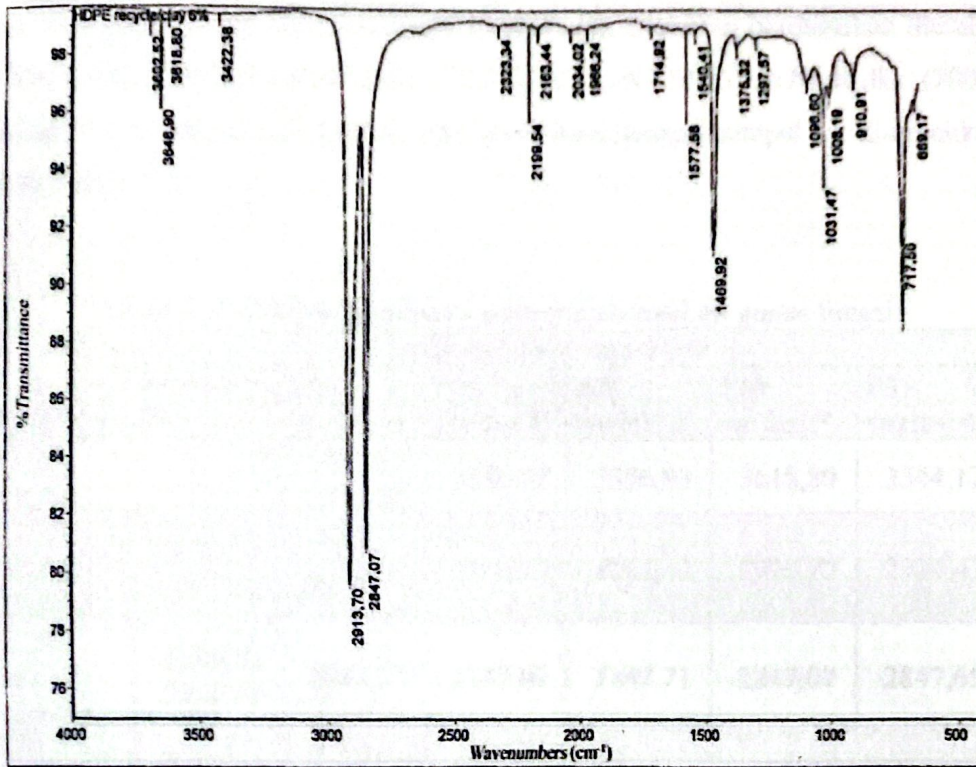
Gambar IV.5 Spektrum infra-merah bahan baku recycled HDPE



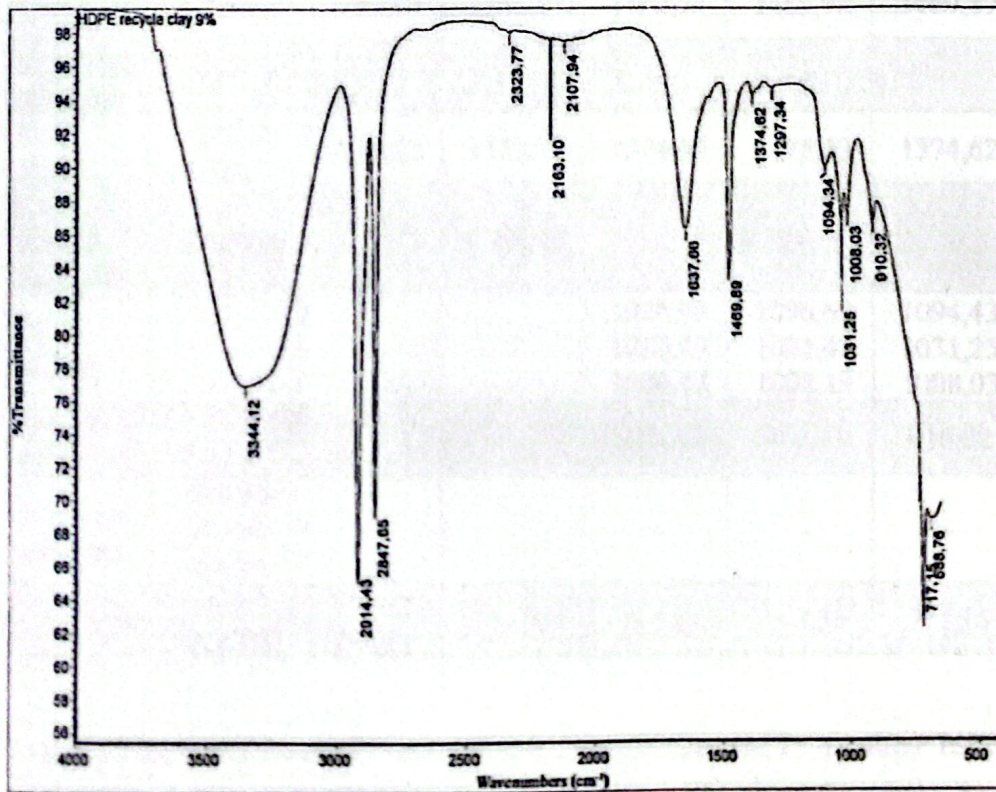
Gambar IV.6 Spektrum infra-merah PM variasi 1: *recycled HDPE/clay 0%*



Gambar IV.7 Spektrum infra-merah PM variasi 2: *recycled HDPE/clay 3%*



Gambar IV.8 Spektrum infra-merah PM variasi 3: *recycled HDPE/clay 6%*



Gambar IV.9 Spektrum infra-merah PM variasi 4: *recycled HDPE/clay 9%*

Analisis gugus fungsi dari absorbansi infra-merah dilakukan berdasarkan literatur Mohrig dkk. (2010), Madejová dkk. (2017), Socrates (2001) dan Noda dkk. (2007) untuk semua sampel uji. Puncak pita absorbansi sampel-sampel uji ditunjukkan oleh Tabel IV.4.

Tabel IV.4 Puncak absorbansi infra-merah hasil uji gugus fungsi

Jenis gugus fungsi	Puncak absorbansi ( $\text{cm}^{-1}$ )					
	PP/MB 2%	RW HDPE <i>re.</i>	PM variasi 1	PM variasi 2	PM variasi 3	PM variasi 4
O-H stretch	-	3695,02 3359,25	3380,57	3356,93	3618,80	3344,12
C-H stretch asimetris	2950,31 2917,00	2915,10	2914,79	2914,42	2913,70	2914,43
C-H stretch simetris	2868,75 2838,61	2847,57	2847,89	2847,71	2847,07	2847,65
C=O stretch asimetris	1746,70	-	1643,68	1647,48	-	1637,66
C-H bend asimetris	1455,92	1461,87	1461,87	1469,69	1469,92	1469,89
C-H bend simetris	1375,73	-	-	-	-	-
C-O stretch	1255,59 (ester)	1374,02	1375,12	1374,60	1375,32	1374,62
C-C stretch asimetris	1166,62	-	1166,31	-	-	-
Si-O stretch	-	-	-	1096,98 1030,89 1008,48	1096,60 1031,47 1008,19	1094,43 1031,25 1008,03
Al <sub>2</sub> OH bend	-	-	-	910,57	910,91	910,32
C-H rock asimetris	997,50 972,94 898,96	-	-	-	-	-
C-H rock	840,97 808,56	728,78 718,42	717,52	717,21	717,56	717,15

Dari spektrum infra-merah PP/masterbatch 2% pada Gambar IV.4 terlihat bahwa dari daerah wavenumber 'bilangan gelombang'  $1250 \text{ cm}^{-1}$  sampai  $835 \text{ cm}^{-1}$  terdapat banyak pita absorbansi infra-merah yang berarti bahwa polipropilena yang

digunakan pada penelitian ini memiliki rantai berbentuk isotaktik. Terdapat absorbansi infra-merah pada bilangan gelombang  $1746,70\text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan gugus C=O dan pada  $1255,99\text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan gugus C-O. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat senyawa ester dalam PP/*masterbatch* 2%. Senyawa ester tersebut kemungkinan berasal dari *masterbatch* yang digunakan.

Bahan baku *recycled HDPE* yang digunakan memiliki intensitas absorbansi yang rendah pada bilangan gelombang sekitar  $1380\text{ cm}^{-1}$  dan  $1365\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan sedikitnya rantai cabang dari  $\alpha$ -olefin. Keberadaan gugus OH pada puncak bilangan gelombang  $3695\text{ cm}^{-1}$  dan  $3359,25\text{ cm}^{-1}$  dengan intensitas rendah menunjukkan keberadaan sedikit kandungan air dalam sampel *recycled HDPE*. Hal ini mungkin disebabkan HDPE tersebut telah didaur ulang melalui proses yang menyebabkan sedikit kandungan air terjebak di antara rantainya. Proses tersebut seperti *quenching*, yaitu pendinginan mendadak dengan air pada *water bath*. Adapun keberadaan gugus C-O menunjukkan *end group* dari rantai HDPE tersebut.

Dari hasil uji ekstrudat PM variasi 1, diketahui bahwa ada gugus karboksilat, yaitu O-H, C-O, dan C=O yang secara berurutan muncul pada bilangan gelombang  $3380,57\text{ cm}^{-1}$ ,  $1375,12\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1643,68\text{ cm}^{-1}$ . Mungkin ini terjadi karena sampel teroksidasi atau adanya senyawa ester yang berasal dari PP/*masterbatch* 2% tertinggal dan bereaksi dengan air. Gugus C-C pada bilangan gelombang  $1166,31\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan masih ada rantai cabang alkil yang kemungkinan berasal dari sisa polipropilena yang dibersihkan. Sehingga, dapat dikatakan masih terdapat kontaminasi PP/*masterbatch* 2% pada PM variasi 1.

Pada hasil uji gugus fungsi ekstrudat PM variasi 2, masih ditemukan puncak absorbansi intensitas rendah untuk gugus O-H, C=O, dan C-H yang menunjukkan bahwa sampel PM variasi 2 juga telah teroksidasi, namun tidak sebesar yang terjadi pada PM variasi 1. Keberadaan *clay* kaolin pada PM variasi 2 ditunjukkan oleh keberadaan gugus Si-O dan Al<sub>2</sub>OH. Gugus O-H juga berasal dari air kristalisasi di dalam *clay* kaolin. Gugus rantai cabang C-C tidak ditemukan dalam hasil uji PM

variasi 2 menandakan bahwa polipropilena dalam PP/*masterbatch* 2% tidak mengkontaminasi material akhir *purging* dengan PM variasi 2.

Pada hasil uji ekstrudat gugus fungsi PM variasi 3, tidak ditemukan gugus C=O, namun masih ada gugus C-O. Hal ini menunjukkan bahwa sampel uji PM variasi 3 relatif tidak teroksidasi lebih lanjut yang menghasilkan senyawa asam karboksilat. Gugus karbonil kemungkinan berasal dari *end group* rantai polimer *recycled HDPE*. *Clay* kaolin dideteksi dengan adanya puncak absorbansi gugus Si-O dan Al<sub>2</sub>OH. Intensitas absorbansi untuk kedua gugus tersebut lebih besar dibandingkan PM variasi 2. Hal ini karena PM variasi 3 memiliki massa *clay* kaolin yang lebih besar. Pada hasil uji PM variasi 3 pun tidak ditemukan gugus rantai cabang C-C.

Pada hasil uji ekstrudat gugus fungsi PM variasi 4, gugus O-H pada bilangan gelombang 3344,12 cm<sup>-1</sup> memiliki intensitas absorbansi yang besar dibanding hasil uji gugus fungsi lainnya. Hal ini karena *clay* kaolin pada penambahan 9% menyerap air lebih dan membuat pelet-pelet basah. Intensitas absorbansi gugus C=O juga lebih besar yang menunjukkan sampel uji teroksidasi menghasilkan senyawa asam karboksilat. Intensitas absorbansi *clay* kaolin lebih besar yang menunjukkan bahwa massa *clay* kaolin pada sampel PM variasi 4 lebih besar daripada sampel PM variasi 3. Tidak juga ditemukan gugus C-C rantai samping pada polipropilena dalam PP/*masterbatch* 2%.

Dari semua hasil uji *purge material* berbasis *recycled HDPE* pada variasi 1 sampai 4, ditemukan bahwa sampel-sampel telah teroksidasi. Hasil uji yang paling baik ditemukan pada PM variasi 3, yaitu *purge material recycled HDPE/clay* 6%. Hasil uji PM variasi 3 memiliki keunggulan karena tidak ditemukan kontaminasi PP/*masterbatch* 2% yang dibersihkan dan relatif tidak teroksidasi. Jika *purge material* memiliki senyawa alkohol dan asam karboksilat maka akan menambah resiko korosi pada bagian *barrel* ekstruder.

Dari pengujian-pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa sampai penambahan 9% *clay* kaolin pada *purge material* berbasis *recycled HDPE* masih terjadi peningkatan

daya bersih ditinjau dari warna ekstrudat *purging*, sedangkan masih terdapat gugus fungsi pengotor pada variasi penambahan 9% *clay* kaolin, tetapi tidak ditemukan di variasi penambahan 6% *clay* kaolin. Hal ini mungkin terjadi karena faktor viskositas lelehan *purge material* dalam *barrel*. Penambahan *clay* kaolin menyebabkan viskositas lelehan HDPE lebih kecil sehingga ketika digunakan sebagai *purge material* mampu meraih sudut-sudut dalam *barrel*, namun jika viskositasnya terlalu rendah maka tidak mampu mendorong material residu yang ingin dibersihkan. Oleh sebab itu, kemungkinan pada variasi *purge material recycled HDPE/clay* 9% terjadi pembersihan yang lebih intens pada bagian dalam *barrel*, namun kurang mendorong residu PP/*masterbatch* 2% yang menyebabkan hasil warna ekstrudat lebih bersih namun masih terdapat pengotor tak kasat mata.

Dari penelitian ini *purge material* berbasis *recycled HDPE* yang disarankan untuk membersihkan campuran polipropilena pada ekstruder skala lab adalah PM variasi 3, yaitu *recycled HDPE/clay* 6%. Ekstrudat hasil PM variasi 3 ini menunjukkan warna yang cukup bersih dan tidak terdapat gugus pengotor. *Purge material* yang berada dalam *barrel* setelah *purging* juga akan mudah dikeluarkan dengan memasukkan material yang akan diekstrusi selanjutnya. Pada variasi ini, serbuk *clay* kaolin yang masih tertinggal pada *hopper* dan zona *feeding* juga lebih mudah dibersihkan dibanding jumlah serbuk *clay* kaolin pada campuran PM variasi 4.

## BAB V PENUTUP

### V.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data hasil penelitian dapat disimpulkan hal berikut:

1. Penambahan *clay* kaolin sebagai campuran *purge material* berbasis *recycled HDPE* untuk ekstrusi campuran PP/*masterbatch* 2% menghasilkan ekstrudat berwarna kontaminasi PP/*masterbatch* 2% yang semakin menghilang dengan nilai  $\Delta E^*_{ab}$  terhadap PP/*masterbatch* 2% pada penambahan 0%, 3%, 6%, dan 9% massa *clay* kaolin pada campuran *purge material* berbasis *recycled HDPE* secara berturut-turut sebesar 39,28, 39,55, 40,21, dan 40,38; dan
2. Penambahan *clay* kaolin sebagai campuran *purge material* berbasis *recycled HDPE* untuk ekstrusi PP/*masterbatch* 2% menghasilkan ekstrudat yang masih mengandung gugus cabang C–C polipropilena pada penambahan 0% massa *clay* kaolin, mengandung gugus fungsi senyawa asam karboksilat pada penambahan 0%, 3%, dan 9% massa *clay* kaolin, dan mengandung gugus fungsi alkohol pada penambahan 6% massa *clay* kaolin.

### V.2 Saran

Saran pelaksanaan agar dapat dilakukan penelitian yang lebih baik adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengurangi kandungan air pada sampel, *purge material* yang telah keluar *die head* tidak perlu masuk ke dalam air dalam *water bath* untuk pendinginan (*quenching*);
2. Untuk mendapatkan warna sampel pelat yang merata di tiap sisi sampel, perlu digunakan alat pencampur *thermokinetic mixer* sebelum dicetak dengan mesin *hot press*;
3. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat terhadap *purging* ekstruder, perlu digunakan *masterbatch* dengan warna primer lain selain merah untuk perbandingan warna; dan
4. Untuk mendapatkan hasil penelitian *purging* ekstruder yang lebih mendalam, perlu dilakukan analisis mengenai bilasan *purge material* menggunakan bahan yang selanjutnya diekstrusi.

5. Untuk mengetahui keefektifan *purge material* berbasis *recycled HDPE*, perlu dilakukan penelitian dengan *purge compound* komersial menggunakan kondisi yang sama sehingga dapat dibandingkan dengan *recycled HDPE*.
6. Untuk mengetahui secara detail pengaruh viskositas lelehan sebagai salah satu faktor pengaruh kerja suatu *purge material*, perlu diukur viskositas lelehan *purge material* dan/atau *melt flow index* dari *purge material* yang digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aboudi Mana, S. C. A., Hanafiah, M. M. dan Chowdhury, A. J. K. (2017): Environmental characteristics of clay and clay-based minerals, *Geology, ecology, and landscapes*, 1, 155 – 161.
- Adams, J. M., Hooper, J. J., dan Gil, A. (2016): *Clays. Reference module in materials science and materials engineering*, Elsevier, Amsterdam, 1 – 5.
- Agassant, J. F., Avenas, P., Carreau, P. J., Vergnes, B., Vincent, M. (2017): *Polymer processing: principles and modelling*, Carl Hanser Verlag, Munich, 301 – 437.
- Alifah, N, S. dan Ahmad, F. F. A. (2018): *Karakteristik termal, mekanik, dan gugus fungsi pada kompon polipropilena dengan penambahan masterbatch red 418C*, Skripsi Program Sarjana Terapan, Politeknik STMI Jakarta, 47 – 52.
- ASTM (2005): *ASTM D2244-05, Standard practice for calculation of color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates*, ASTM International, West Conchohocken, 1 – 6.
- ASTM (2005): *ASTM D6290-05, Standard test method for color determination of plastic pellets*, ASTM International, West Conchohocken, 1 – 2.
- Athar, T. (2015): *Smart precursors for smart nanoparticles*, 444 – 538 dalam Ahmed, W. dan Jackson, M. J., *Emerging nanotechnologies for manufacturing 2<sup>nd</sup> edition*, 551 hal., Elsevier, Amsterdam.
- Bajpai, P. (2015): *Pulp and paper chemicals*, Elsevier, Amsterdam, 91 – 93.
- Baur, E., Oswald, T. A., Rudolph, N. (2018): *Plastic materials. Plastics handbook 5<sup>th</sup> edition*, Carl Hanser Verlag, Munich, 364 – 464.
- Chukwubuike, O. (2015): *Purging mixture for extruder*, Tesis Program Magister, Arcada University, 20 – 48.
- Coleman, Ernest A. (2017): *Applied plastics engineering handbook*, Elsevier, Oxford, 491 – 492.
- Delazio, A., Israr, A., Klatzky, dan Roberta L. (2017): *Cross-modal correspondence between vibrations and colors*, Fürstfeldbruck, Munich, 221.
- Elvers, B. (ed). (2016): *Ullmann's polymers and plastics: products and processes*, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 5.
- Fakirov, S. (2017): *Fundamentals of polymer science for engineers*, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 1 – 17.
- Gill, Y. Q., Jin, J., dan Song, M. (2015): Melt flow behavior of high density polyethylene nanocomposites with 1D, 2D and 3D nanofillers, *Journal of Nanocomposites Maney Publishing*, 1, 160 – 169.
- Jia-Horng, L., Yi-Jun, P., Chi-Fan, L., Chien-Lin, H., Chien-Teng, H., Chih-Kuang, C., Zheng-Ian, L., dan Chien-Wen, L. (2015): Preparation and compatibility evaluation of polypropylene/high density polyethylene polyblends, *Journal of Material MDPI*, 8, 8850 – 8859.
- Lewis, J. R. (2007): *Hawley's condensed chemical dictionary 15th edition*, John Wiley & Sons, New York, 477.
- Madejová, J., Gates, W. P., dan Petit, S. (2017): IR Spectra of clay minerals, 107 – 149 dalam Gates, W. P., Kloprogge, J. T., Madejová, J., dan Bergaya, F.,

- ed., *Infrared and raman spectroscopies of clay minerals*, 604 hal., Elsevier, Amsterdam.
- Mohamed, M. A., Jaafar, J., Ismail, A. F., Othman, M. H. D., dan Rahman, M. A. (2017): Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy, 3 – 29 dalam Hilal, N., Ismail, A. F., Matsuura, T., dan Oatley-Radcliffe, D., ed., *Membrane characterization*, 435 hal., Elsevier, Amsterdam.
- Mohrig, J. R., Hammond, C. N., dan Schatz, P. F. (2010): *Techniques in organic chemistry 3<sup>rd</sup> edition*, Clancy Marzhall, New York, 295.
- Nassau, K. (1998): Fundamentals of color science, 1 – 30, dalam Nassau, K., ed., *Color for science, art, and technology*, 491 hal., Elsevier Science, Eastbourne.
- Noda, I., Dowrey, A. E., Haynes, J. L., dan Marcott, C (2007): Group frequency assignments for major infrared bands observed in common synthetic polymers, 395 – 406 dalam Mark, J. E., ed., *Physical properties of polymers handbook*, 1076 hal., Springer Science+Business Media, New York.
- PT Aneka Kaolin Utama (2017): *Material safety data sheet: White kaolin powder DB-325*, Aneka Kaolin Utama, Belitung, 1 – 6.
- PT Chandra Asri Petrochemical (2013): *Technical data sheet: Trilene® polypropylene H110HO*, Chandra Asri Petrochemical, Jakarta, 1.
- PT Halim Samudra Interutama (2018): *Certificate of analysis: Haimaster Red 4355*, Halim Samudra Interutama, Tangerang, 1.
- PT Halim Samudra Interutama (2018): *Masterial safety data sheet: Haimaster Red 4355*, Halim Samudra Interutama, Tangerang, 1 – 3.
- PT Langgeng Jaya Plastindo (2020): *Certificate of analysis: HD-AXI L2020/PC14*, Langgeng Jaya Plastindo, Gresik, 1.
- Pukánszky, B. (2001): Mineral-filled polymers, 5680 – 5683, dalam Buschow, K. H. J., Cahn, R. W., Flemings, M. C., Ilshner, B., Kramer, E. J., Mahajan, S., dan Veyssiére, P., ed., *Encyclopedia of materials: science and technology*, 10388 hal., Pergamon Press, London.
- Roy Choudhury, A. K. (2015): *Principles of colour and appearance measurement*, Woodhead Publishing, Amsterdam, 87.
- Shuman Plastics, Inc. (2016): *New Dyna-Purge® A for purging polypropylene (PP)*, Shuman Plastics, New York, 2 – 3.
- Socrates, G. (2001): *Infrared and raman characteristic group frequencies 3<sup>th</sup> edition*, John Wiley & Sons, Chichester, 15 – 278.
- Sridharan, K. (2016): *Spectral methods in transition metal complexes*, Elsevier, Boston, 7 – 8.
- Subramanian, A. dan Rodriguez-Saona, L. (2009): Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy, 145 – 178 dalam Da-Wen, S., *Infrared spectroscopy for food quality analysis and control*, 424 hal., Academic Press, New York.
- Tironi, A., Trezza, M. A., Irassar, E. F., dan Scian, A. N. (2012): Thermal treatment of kaolin: effect on the pozzolanic activity, *Procedia Materials Science*, 1, 343 – 350.
- Tolinski, M. (2015): *Additives for polyolefins 2<sup>nd</sup> edition*, Elsevier, Oxford, 19 – 37.
- Wagner, J. R., Mount, E. M., dan Giles, H. F. (2014): *Extrusion: the definitive processing guide and handbook*, Elsevier, Oxford, 439 – 440.

- Wee, A.G., Lindsey, D. T., Kuo, S., dan Johnston, W. M. (2006): Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry, *Journal of Dental Material*, **22**, 553 – 559.
- Wypych, G. (2016): *Handbook of polymers 2<sup>nd</sup> edition*, ChemTec Publishing, Toronto, 5 – 656.

KEMENTERIAN KESEHATAN RI  
DEPARTEMEN KESEHATAN MASYARAKAT  
SALAH LABORATORIUM HASIL TEST URIN KELAS 1 JAKARTA

SKEMA HASIL ANALISA  
Nomor: S-430/MSK/06/2019

Alamat: Jl. A. Yani  
No. 100  
Kec. Cempin  
Kab. Bekasi  
Jawa Barat  
No. Telp. 021-82251111  
Fax: 021-82251112  
E-mail: info@lab.go.id

**LAMPIRAN**



**KEMENTERIAN KEUANGAN REPUBLIK INDONESIA  
DIREKTORAT JENDERAL BEA DAN CUKAI  
KANTOR WILAYAH DJBC JAKARTA  
BALAI LABORATORIUM BEA DAN CUKAI KELAS I JAKARTA**

JALAN LETNAN JENDERAL SUPRAPTO NO. 66 JAKARTA-10520  
TELEPON (021) 4246033, FAKSIMILE (021) 42886147; SITUS WWW.BEACUKAI.GO.ID  
PUSAT KONTAK LAYANAN 1500225; SURAT ELEKTRONIK info@customs.go.id

**SERTIFIKAT HASIL ANALISA**  
Nomor : S-42/SHA/WBC.08/BLBC.02/2020

Nama Contoh Uji : PP/Masterbatch 2%  
Merk Contoh Uji : -  
Tipe Contoh Uji : -  
Pengirim : Elga Chaerul Pasya  
Alamat Pengirim : Jalan Lingkar Sari No. 2B RT 07 RW 09, Kalisari, Pasar Rebo, Jakarta Timur  
No. Telp./Fax : 089676869143  
No./Tgl Surat Pengajuan : S-26/VII/2020 / 10 Juli 2020  
Tanggal Diterima : 10 Juli 2020  
Tanggal Selesai : 13 Juli 2020

I. Uji Pendahuluan :

II. Hasil Analisa :

No.	Parameter Uji	Metode / Instrumen	Hasil
1	FTIR	ICEL 1500.M01	Terlampir

Dikeluarkan di : Jakarta

Tanggal : 13 Juli 2020

Kepala Seksi Teknis Laboratorium,



Moh. Iwan Sunandar

NB: Hasil pemeriksaan hanya berlaku  
untuk contoh yang diperiksa

Halaman 1 dari 1



**KEMENTERIAN KEUANGAN REPUBLIK INDONESIA  
DIREKTORAT JENDERAL BEA DAN CUKAI  
KANTOR WILAYAH DJBC JAKARTA  
BALAI LABORATORIUM BEA DAN CUKAI KELAS I JAKARTA**

JALAN LETNAN JENDERAL SUPRAPTO NO. 68 JAKARTA-10520  
TELEPON (021) 4246033; FAKSIMILE (021) 42886147; SITUS WWW.BEACUKAI.GO.ID  
PUSAT KONTAK LAYANAN 1500225; SURAT ELEKTRONIK info@customs.go.id

**SERTIFIKAT HASIL ANALISA**  
Nomor : S-30/SHA/WBC.08/BLBC.02/2020

Nama Contoh Uji : HDPE Recycle  
Merk Contoh Uji : -  
Tipe Contoh Uji : -  
Pengirim : Elga Chaerul Pasya  
Alamat Pengirim : Jalan Lingkar Sari No. 2B RT 7/RW 9 Kalisari, Pasar Rebo, Jakarta Timur  
No. Telp./Fax : 089676869143  
No./Tgl Surat Pengajuan : S-21/VI/2020 / 15 Juni 2020  
Tanggal Diterima : 15 Juni 2020  
Tanggal Selesai : 16 Juni 2020

I. Uji Pendahuluan :  
II. Hasil Analisa :

No.	Parameter Uji	Metode / Instrumen	Hasil
1	FTIR	ICEL 1500.M01	Terlampir

Dikeluarkan di : Jakarta  
Tanggal :  
Kepala Seksi Teknis Laboratorium,



Mokhammad Sunandar

NB : Hasil pemeriksaan hanya berlaku untuk contoh yang diperiksa

Halaman 1 dari 1



**KEMENTERIAN KEUANGAN REPUBLIK INDONESIA**  
**DIREKTORAT JENDERAL BEA DAN CUKAI**  
**KANTOR WILAYAH DJBC JAKARTA**  
**BALAI LABORATORIUM BEA DAN CUKAI KELAS I JAKARTA**

JALAN LETNAN JENDERAL SUPRAPTO NO. 66 JAKARTA-10520  
TELEPON (021) 4246033, FAKSIMILE (021) 42886147, SITUS WWW.BEACUKAI.GO.ID  
PUSAT KONTAK LAYANAN 1500225, SURAT ELEKTRONIK info@customs.go.id

**SERTIFIKAT HASIL ANALISA**  
Nomor : S-31/SHAWBC.08/BLBC.02/2020

Nama Contoh Uji : HDPE Recycle Purgung  
Merk Contoh Uji : -  
Tipe Contoh Uji : -  
Elga Chaerul Pasya  
Alamat Pengirim : Jalan Lingkar Sari No. 2B RT 7/RW 9 Kalisari, Pasar Rebo, Jakarta Timur  
No. Telp./Fax : 089676869143  
No./Tgl Surat Pengajuan : S-21/VI/2020 / 15 Juni 2020  
Tanggal Diterima : 15 Juni 2020  
Tanggal Selesai : 16 Juni 2020

I. Uji Pendahuluan :

II. Hasil Analisa :

No.	Parameter Uji	Metode / Instrumen	
1	FTIR	ICEL 1500.M01	Terlampir

Dikeluarkan di : Jakarta

Tanggal :

Kepala Seksi Teknis Laboratorium,



Mokh. Iwan Sunandar

NB: Hasil pemeriksaan hanya berlaku untuk contoh yang diperiksa

Halaman 1 dari 1



**KEMENTERIAN KEUANGAN REPUBLIK INDONESIA  
DIREKTORAT JENDERAL BEA DAN CUKAI  
KANTOR WILAYAH DJBC JAKARTA  
BALAI LABORATORIUM BEA DAN CUKAI KELAS I JAKARTA**

JALAN LETNAN JENDERAL SUPRAPTO NO. 66 JAKARTA-10520  
TELEPON (021) 4246033; FAKSIMILE (021) 42686147; SITUS WWW.BEACUKAI.GO.ID  
PUSAT KONTAK LAYANAN 1500225; SURAT ELEKTRONIK info@customs.go.id

**SERTIFIKAT HASIL ANALISA**  
Nomor : S-32/SHA/WBC.08/BLBC.02/2020

Nama Contoh Uji : HDPE Recycle / Clay 3%  
Merk Contoh Uji : -  
Tipe Contoh Uji : -  
Elga Chaerul Pasya  
Alamat Pengirim : Jalan Lingkar Sari No. 2B RT 7/RW 9 Kalisari, Pasar Rebo, Jakarta Timur  
No. Telp./Fax : 089676869143  
No./Tgl Surat Pengajuan : S-21/VI/2020 / 15 Juni 2020  
Tanggal Diterima : 15 Juni 2020  
Tanggal Selesai : 16 Juni 2020

- I. Uji Pendahuluan :  
II. Hasil Analisa :

No.	Parameter Uji	Metode / Instrumen	
1	FTIR	ICEL 1500.M01	Terlampir

Dikeluarkan di : Jakarta  
Tanggal :  
Kepala Seksi Teknis Laboratorium,



Mokh. Iwan Sunandar

NIB : Hasil pemeriksaan hanya berlaku untuk contoh yang diperiksa

Halaman 1 dari 1



**KEMENTERIAN KEUANGAN REPUBLIK INDONESIA  
DIREKTORAT JENDERAL BEA DAN CUKAI  
KANTOR WILAYAH DJBC JAKARTA  
BALAI LABORATORIUM BEA DAN CUKAI KELAS I JAKARTA**

JALAN LETNAN JENDERAL SUPRAPTO NO. 66 JAKARTA-10520  
TELEPON (021) 4246033, FAKSIMILE (021) 42666147; SITUS WWW.BEACUKAI.GO.ID  
PUSAT KONTAK LAYANAN 1500225, SURAT ELEKTRONIK info@customs.go.id

**SERTIFIKAT HASIL ANALISA**  
Nomor : S-33/SHA/WBC.08/BLBC.02/2020

Nama Contoh Uji : HDPE Recycle / Clay 6%  
Merk Contoh Uji : -  
Tipe Contoh Uji : -  
Elga Chaerul Pasya  
Alamat Pengirim : Jalan Lingkar Sari No. 2B RT 7/RW 9 Kalisari, Pasar Rebo, Jakarta Timur  
No. Telp./Fax : 089676869143  
No./Tgl Surat Pengajuan : S-21/VI/2020 / 15 Juni 2020  
Tanggal Diterima : 15 Juni 2020  
Tanggal Selesai : 16 Juni 2020

III. Uji Pendahuluan :

IV. Hasil Analisa :

No.	Parameter Uji	Metode / Instrumen	
1	FTIR	ICEL 1500.M01	Terlampir

Dikeluarkan di : Jakarta

Tanggal :

Kepala Seksi Teknis Laboratorium,



Moh. Iwan Sunandar

NB : Hasil pemeriksaan hanya berlaku  
untuk contoh yang diperiksa

Halaman 1 dari 1



**KEMENTERIAN KEUANGAN REPUBLIK INDONESIA**  
**DIREKTORAT JENDERAL BEA DAN CUKAI**  
**KANTOR WILAYAH DJBC JAKARTA**  
**BALAI LABORATORIUM BEA DAN CUKAI KELAS I JAKARTA**

JALAN LETNAN JENDERAL SUPRAPTO NO. 66 JAKARTA-10520  
TELEPON (021) 4246033, FAKSIMILE (021) 42886147, SITUS WWW.BEACUKAI.GO.ID  
PUSAT KONTAK LAYANAN 1500225, SURAT ELEKTRONIK info@customs.go.id

**SERTIFIKAT HASIL ANALISA**  
Nomor : S-34/SHAWBC.08/BLBC.02/2020

Nama Contoh Uji : HDPE Recycle / Clay 9%  
Merk Contoh Uji : -  
Tipe Contoh Uji : -  
Elga Chaerul Pasya  
Alamat Pengirim : Jalan Lingkar Sari No. 2B RT 7/RW 9 Kalisari, Pasar Rebo, Jakarta Timur  
No. Telp./Fax : 089676869143  
No./Tgl Surat Pengajuan : S-21/VI/2020 / 15 Juni 2020  
Tanggal Diterima : 15 Juni 2020  
Tanggal Selesai : 16 Juni 2020

V. Uji Pendahuluan :

VI. Hasil Analisa :

No.	Parameter Uji	Metode / Instrumen	
1	FTIR	ICEL 1500.M01	Tertampil

Dikeluarkan di : Jakarta  
Tanggal :  
Kepala Seksi Teknis Laboratorium,



NB : Hasil pemeriksaan hanya berlaku untuk contoh yang diperiksa

Halaman 1 dari 1

## LAMPIRAN B Lembar Bimbingan Tugas Akhir

Nama : Elga Chaerul Pasya  
 NIM : 1516024  
 Judul Tugas Akhir : PENAMBAHAN *CLAY* PADA *RECYCLED HDPE (HIGH DENSITY POLYETHYLENE)* SEBAGAI *PURGE MATERIAL* EKSTRUSI POLIPROPILENA DAN *MASTERBATCH*  
 Pembimbing 1 : Fitria Ika Aryanti, S.T.,M.Eng.  
 Pembimbing 2 : Ella Melyna, S.T., M.T.

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
05-12-2019	-	<i>training</i> ekstruder	
26-12-2019	-	diskusi ide penelitian	
20-01-2020	II	tinjauan mengenai bahan baku	
	III	variabel-variabel yang digunakan (oleh Pembimbing 2)	
23-01-2020	-	kalimat-kalimat pendahuluan dan pada Kata Pengantar	
	I	penulisan latar belakang dan batasan masalah	
	II	penggantian kalimat spektrum FTIR	
	III	perubahan alat, variabel, dan perbaikan alur proses penelitian	
28-01-2020	-	penambahan kalimat dalam Abstrak dan perbaikan nama penulis pada Daftar Pustaka	
	I	perbaikan nama kutipan dan kesalahan penulisan dalam Pendahuluan, penulisan Rumusan Masalah, penulisan penomoran dan tanda baca, dan jarak kalimat	
	II	perbaikan tabel, jarak kalimat, penempatan gambar, penomoran poin-poin, tanda baca, dan nama penulis dalam kutipan	
	III	perbaikan tanda baca, kalimat, dan bagan prosedur penelitian (oleh Pembimbing 2)	
29-01-2020	III	penempatan anak bab dan pembuatan tabel jadwal penelitian (oleh Pembimbing 2)	
12-04-2020	-	penggunaan istilah Bahasa Indonesia untuk ekstruder, penyesuaian tujuan dengan Tujuan Penelitian Bab I, perubahan frasa komposisi kimia menjadi gugus fungsi pada Abstrak	
	-	mengganti Sekretaris Program Studi dengan Ketua Program Studi pada Halaman Pengesahan	
	I	mengganti kata yang tidak lazim digunakan dan penambahan kalimat tujuan pada Pendahuluan, penyesuaian Rumusan Masalah, penambahan penjelasan bahan-bahan pada Batasan Masalah, serta mengganti frasa komposisi kimia menjadi gugus fungsi	
	II	penambahan data spektrum IR PP/MB 2%	
	III	penambahan besaran massa komposisi pada Variabel	

## Lembar Bimbingan Tugas Akhir

Nama : Elga Chaerul Pasya  
NIM : 1516024  
Judul Tugas Akhir : PENAMBAHAN *CLAY* PADA *RECYCLED HDPE (HIGH DENSITY POLYETHYLENE)* SEBAGAI *PURGE MATERIAL* EKSTRUSI POLIPROPILENA DAN *MASTERBATCH*  
Pembimbing 1 : Fitria Ika Aryanti, S.T.,M.Eng.  
Pembimbing 2 : Ella Melyna, S.T., M.T.

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
21-04-2020	I	penyesuaian Tujuan Penelitian termasuk dalam presentasi	
30-04-2020	III	penyesuaian penggunaan istilah alat uji warna dan mengganti komposisi kimia pada diagram alir penelitian	
07-05-2020	-	latihan presentasi seminar	
	I	penggunaan jenis FTIR yang digunakan yaitu ATR	
	II	Penambahan teori mengenai ATR FTIR	
	III	Penyesuaian jenis alat FTIR	
10-06-2020	I	penambahan manfaat bagi industri dan masyarakat	
	II	judul tabel-tabel, pemilihan diksi dan penjelasan <i>clay</i> kaolin (oleh Pembimbing 2)	
21-07-2020	-	mengurangi kalimat-kalimat dalam Abstrak	
	IV	penambahan keterangan pada tabel-tabel dan gambar-gambar	
	V	perbaiki kalimat dalam Kesimpulan (oleh Pembimbing 2)	

Menyetujui  
Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

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

Ella Melyna, S.T., M.T.  
NIP.199103062018012001

Ketua Program Studi  
Teknik Kimia Polimer

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

Nomor : 180 /BPSDMI/STMI/PP/II/2020  
Lampiran : 1 (satu)  
Hal : Penugasan Proses Bimbingan Tugas Akhir  
Tahun Akademik 2019/2020

Jakarta, 12 Februari 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 : Elga Chaerul Pasya  
No. Induk : 1516024

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

" Penambahan Clay Pada Campuran HDPE (High Density Polyethylene ) Sebagai Bahan Purgung Ekstrusi Polipropilena dan Masterbatch. "

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



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



Nomor : <sup>100</sup> /BPSDMI/STMI/II/2020  
Lampiran : 1 (satu)  
Perihal : Asistensi Bimbingan Tugas Akhir  
Tahun Akademik 2019/2020

Jakarta, 12 Februari 2020

Yth. Ibu Ella Melyna, ST, MT  
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 : Elga Chaerul Pasya  
No. Induk : 1516024

Adapun judul Tugas Akhir mahasiswa tersebut adalah:

" Penambahan Clay Pada Campuran HDPE (High Density Polyethylene ) Sebagai Bahan Purgung Ekstrusi Polipropilena dan Masterbatch. "

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



Tembusan:

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



## LAMPIRAN E Perhitungan Hasil Uji Warna

### Rata-rata nilai hasil uji warna

#### 1. PP/masterbatch 2%

$$a. \bar{L}^* = \frac{\sum L}{n} = \frac{38,52+38,21+38,25}{3} = 38,42$$

$$b. \bar{a}^* = \frac{\sum a}{n} = \frac{40,67+41,38+40,73}{3} = 40,93$$

$$c. \bar{b}^* = \frac{\sum b}{n} = \frac{23,13+24,31+23,33}{3} = 23,59$$

#### 2. Bahan baku recycled HDPE

$$a. \bar{L}^* = \frac{\sum L}{n} = \frac{55,35+55,10+5,10}{3} = 55,18$$

$$b. \bar{a}^* = \frac{\sum a}{n} = \frac{1,02+0,96+0,94}{3} = 0,97$$

$$c. \bar{b}^* = \frac{\sum b}{n} = \frac{12,56+12,51+12,52}{3} = 12,53$$

#### 3. PM variasi 1: recycled HDPE/clay 0%

$$a. \bar{L}^* = \frac{\sum L}{n} = \frac{50,04+50,13+50,08}{3} = 50,08$$

$$b. \bar{a}^* = \frac{\sum a}{n} = \frac{5,43+5,10+5,44}{3} = 5,32$$

$$c. \bar{b}^* = \frac{\sum b}{n} = \frac{11,74+11,88+11,74}{3} = 11,79$$

#### 4. PM variasi 2: recycled HDPE/clay 3%

$$a. \bar{L}^* = \frac{\sum L}{n} = \frac{50,40+50,50+50,66}{3} = 50,52$$

$$b. \bar{a}^* = \frac{\sum a}{n} = \frac{4,78+4,70+4,73}{3} = 4,74$$

$$c. \bar{b}^* = \frac{\sum b}{n} = \frac{13,21+13,21+13,15}{3} = 13,19$$

#### 5. PM variasi 2: recycled HDPE/clay 6%

$$a. \bar{L}^* = \frac{\sum L}{n} = \frac{49,56+49,45+49,25}{3} = 49,42$$

$$b. \bar{a}^* = \frac{\sum a}{n} = \frac{3,84+3,88+3,92}{3} = 3,88$$

$$c. \bar{b}^* = \frac{\sum b}{n} = \frac{12,45+12,53+12,46}{3} = 12,48$$

#### 6. PM variasi 2: recycled HDPE/clay 9%

$$a. \bar{L}^* = \frac{\sum L}{n} = \frac{49,07+48,67+48,59}{3} = 48,78$$

$$b. \bar{a}^* = \frac{\sum a}{n} = \frac{3,47+3,58+3,64}{3} = 3,56$$

$$c. \bar{b}^* = \frac{\sum b}{n} = \frac{12,47+12,28+12,29}{3} = 12,35$$

#### Keterangan:

- $\bar{L}^*$  : rata-rata hasil uji koordinat warna kecerahan (*lightness*)
- $\bar{a}^*$  : rata-rata hasil uji koordinat warna merah-hijau
- $\bar{b}^*$  : rata-rata hasil uji koordinat warna kuning-biru

Nilai rata-rata koordinat warna dari 3 kali percobaan pengujian masing-masing sampel akan dianggap sebagai nilai koordinat untuk masing-masing jenis sampel.

## Perbedaan warna terhadap PP/masterbatch 2%

### 1. Bahan baku *recycled HDPE*

a.  $\Delta L^* = L^*_{\text{recycled HDPE}} - L^*_{\text{PP/mb 2\%}}$

$$\Delta L^* = 55,18 - 38,42 = 16,76$$

b.  $\Delta a^* = a^*_{\text{recycled HDPE}} - a^*_{\text{PP/mb 2\%}}$

$$\Delta a^* = 0,97 - 40,93 = -39,96$$

c.  $\Delta b^* = b^*_{\text{recycled HDPE}} - b^*_{\text{PP/mb 2\%}}$

$$\Delta b^* = 12,53 - 23,59 = -11,06$$

d.  $\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(16,76)^2 + (-39,96)^2 + (-11,06)^2} = 44,72$$

### 2. PM variasi 1: *recycled HDPE/clay 0%*

a.  $\Delta L^* = L^*_{\text{PM var. 1}} - L^*_{\text{PP/mb 2\%}}$

$$\Delta L^* = 50,08 - 38,42 = 11,66$$

b.  $\Delta a^* = a^*_{\text{PM var. 1}} - a^*_{\text{PP/mb 2\%}}$

$$\Delta a^* = 5,32 - 40,93 = -35,61$$

c.  $\Delta b^* = b^*_{\text{PM var. 1}} - b^*_{\text{PP/mb 2\%}}$

$$\Delta b^* = 11,79 - 23,59 = -11,80$$

d.  $\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(11,66)^2 + (-35,61)^2 + (-11,80)^2} = 39,28$$

### 3. PM variasi 2: *recycled HDPE/clay 3%*

a.  $\Delta L^* = L^*_{\text{PM var. 2}} - L^*_{\text{PP/mb 2\%}}$

$$\Delta L^* = 50,52 - 38,42 = 12,10$$

b.  $\Delta a^* = a^*_{\text{PM var. 2}} - a^*_{\text{PP/mb 2\%}}$

$$\Delta a^* = 4,74 - 40,93 = -36,19$$

c.  $\Delta b^* = b^*_{\text{PM var. 2}} - b^*_{\text{PP/mb 2\%}}$

$$\Delta b^* = 13,19 - 23,59 = -10,40$$

d.  $\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(12,10)^2 + (-36,19)^2 + (-10,40)^2} = 39,55$$

### 4. PM variasi 3: *recycled HDPE/clay 6%*

a.  $\Delta L^* = L^*_{\text{PM var. 3}} - L^*_{\text{PP/mb 2\%}}$

$$\Delta L^* = 49,42 - 38,42 = 11,00$$

b.  $\Delta a^* = a^*_{\text{PM var. 3}} - a^*_{\text{PP/mb 2\%}}$

$$\Delta a^* = 3,88 - 40,93 = -37,05$$

c.  $\Delta b^* = b^*_{\text{PM var. 3}} - b^*_{\text{PP/mb 2\%}}$

$$\Delta b^* = 12,48 - 23,59 = -11,11$$

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(-4,66)^2 + (3,77)^2 + (0,66)^2} = 6,03$$

3. PM variasi 3: *recycled HDPE/clay 6%*

a.  $\Delta L^* = L^*_{PM \text{ var. 3}} - L^*_{recycled \text{ HDPE}}$

$$\Delta L^* = 49,42 - 55,18 = -5,76$$

b.  $\Delta a^* = a^*_{PM \text{ var. 3}} - a^*_{recycled \text{ HDPE}}$

$$\Delta a^* = 3,88 - 0,97 = 2,91$$

c.  $\Delta b^* = b^*_{PM \text{ var. 3}} - b^*_{recycled \text{ HDPE}}$

$$\Delta b^* = 12,48 - 12,53 = -0,05$$

d.  $\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(-5,76)^2 + (2,91)^2 + (-0,05)^2} = 6,45$$

4. PM variasi 4: *recycled HDPE/clay 9%*

a.  $\Delta L^* = L^*_{PM \text{ var. 4}} - L^*_{recycled \text{ HDPE}}$

$$\Delta L^* = 48,78 - 55,18 = -6,40$$

b.  $\Delta a^* = a^*_{PM \text{ var. 4}} - a^*_{recycled \text{ HDPE}}$

$$\Delta a^* = 3,56 - 0,97 = 2,59$$

c.  $\Delta b^* = b^*_{PM \text{ var. 4}} - b^*_{recycled \text{ HDPE}}$

$$\Delta b^* = 12,35 - 12,53 = -0,18$$

d.  $\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(-6,40)^2 + (2,59)^2 + (-0,18)^2} = 6,91$$

Keterangan:

- $\Delta L^*$  = perbedaan koordinat  $L^*$  (*lightness*)
- $\Delta a^*$  = perbedaan koordinat  $a^*$  (*merah-hijau*)
- $\Delta b^*$  = perbedaan koordinat  $b^*$  (*kuning-biru*)