

6616

D 668.A23A Nur P

No note : 6616

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN RESIN *HIGH DENSITY*
POLYETHYLENE (HDPE) TERHADAP LAJU ALIR
LELEHAN, SIFAT TERMAL DAN MEKANIS PIPA
DI PT PRALON
(Januari-Juli 2020)**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**NURBAETI
NIM: 1516055**



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

DATA BUKU PERPUSTAKAAN	
Tgl Terima	07/10/22
No Induk Buku	880/TKP/SB/TA/22

SUMBANGAN ALUMNI

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN RESIN *HIGH DENSITY*
POLYETHYLENE (HDPE) TERHADAP LAJU ALIR LELEHAN,
SIFAT TERMAL DAN MEKANIS PIPA
DI PT PRALON
(Januari-Juli 2020)**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**Sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Bidang Teknik dari
Politeknik STMI Jakarta**

**Oleh
NURBAETI
NIM: 1516055**



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

ABSTRAK
PERBANDINGAN PENGGUNAAN RESIN *HIGH DENSITY*
***POLYETHYLENE* (HDPE) TERHADAP LAJU ALIR LELEHAN,**
SIFAT TERMAL DAN MEKANIS PIPA

Oleh
NUR BAETI
NIM:1516055
(PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER)

PT Pralon merupakan salah satu perusahaan yang menghasilkan produk pipa. Sebagian besar jenis polimer yang digunakan dalam pembuatan produk pipa tersebut yaitu HDPE. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan resin HDPE (*High Density Polyethylene*) dengan merek yang berbeda terhadap laju alir lelehan, sifat termal dan mekanis pipa pralon. Pipa pralon diproses dengan menggunakan mesin ekstruder merek *reinfenhauser*. Variasi merek resin HDPE yang digunakan yaitu merek A, B dan C. Pipa HDPE yang dihasilkan, diuji menggunakan TGA (*Thermal Gravimetric Analysis*), UTM (*Universal Testing Machine*) dan MFI (*Melt Flow Index*). Hasil penelitian diperoleh uji laju alir lelehan tertinggi yaitu merek C (0,243 g/10min). Uji kekuatan tarik untuk ketiga jenis HDPE tertinggi yaitu merek B (287,131 kg/cm²), dari ketiga bahan tersebut masih sesuai standar yang ditetapkan oleh SNI 4829.2:2015. Pengujian sifat termal dapat dilihat bahwa yang memiliki ketahanan termal paling baik yaitu merek A dan terdekomposisi sempurna pada suhu 481,50°.

Kata Kunci: resin HDPE, pipa HDPE, laju alir lelehan, sifat termal, sifat mekanis.

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING
PERBANDINGAN PENGGUNAAN RESIN *HIGH DENSITY*
***POLYETHYLENE* (HDPE) TERHADAP LAJU ALIR LELEHAN,**
SIFAT TERMAL DAN MEKANIS PIPA

Nurbaeti
NIM: 1516055
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Juli 2020

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



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

NIP. 198505112014022001



Ella Melyna S.T., M.T

NIP. 199103062018012001

Menyetujui

Ketua Program Studi

Teknik Kimia Polimer



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

NIP. 198505112014022001

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING



**PERBANDINGAN PENGGUNAAN RESIN *HIGH DENSITY*
POLYETHYLENE (HDPE) TERHADAP LAJU ALIR LELEHAN,
SIFAT TERMAL DAN MEKANIS PIPA**

Nurbaeti
NIM: 1516055
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Laboratorium PT Pralon

Jakarta, September 2020

Pembimbing

Yannes Lesnussa, Amd

**HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS
AKHIR**

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN RESIN *HIGH DENSITY
POLYETHYLENE* (HDPE) TERHADAP LAJU ALIR LELEHAN,
SIFAT TERMAL DAN MEKANIS PIPA**

Nurbaeti
NIM: 1516055
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Agustus 2020

Penguji 1



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

NIP. 198210012014022001

Penguji 2



Reviana Inda D.S., S.T., M. Eng.

NIP. 198911202018012001

Dosen Pembimbing



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

NIP. 198505112014022001

v

**HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS
AKHIR**

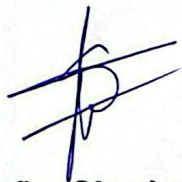
**PERBANDINGAN PENGGUNAAN RESIN *HIGH DENSITY
POLYETHYLENE* (HDPE) TERHADAP LAJU ALIR LELEHAN,
SIFAT TERMAL DAN MEKANIS PIPA**

Nurbaeti
NIM: 1516055
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Juli 2020

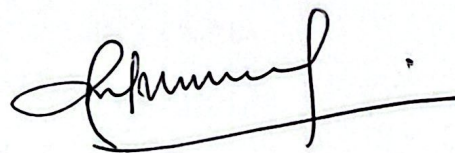
Penguji 1



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

NIP. 198210012014022001

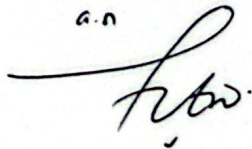
Penguji 2



Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM

NIP. 195702141985031002

Penguji 3



Ir. Roosmariharso, MBA

NIDK. 8873590019

Dosen Pembimbing



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 : Nurbaeti

NIM : 1516055

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang saya buat dengan judul Perbandingan Resin HDPE (*High Density Polyethylene*) Terhadap Laju Alir Lelehan, Sifat Termal, dan Mekanis Pipa:

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada tugas akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada tugas akhir ini. Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang diatas, maka tugas akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, 15 Oktober 2020



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan laporan tugas akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi kami untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Mustofa, S.T., M.T., selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta
2. Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng, selaku Ketua Program Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta serta selaku dosen pembimbing I yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Ella Melyna S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta serta selaku dosen pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Pihak PT. Pralon yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang penulis perlukan.
5. Yannes Lesnussa, Amd selaku Kepala Quality Control yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing penulis selama melakukan penelitian.
6. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan sahabat yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman Teknik Kimia Polimer Angkatan 2016, selaku kawan-kawan seperjuangan yang selalu memberi semangat selama proses pelaksanaan

penyusunan Tugas Akhir berlangsung hingga proses laporan Tugas Akhir ini diselesaikan.

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan dan terdapat banyak kekurangan serta kesalahan karena keterbatasan kami sebagai manusia yang masih dalam tahap belajar. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan dalam pengerjaan tugas-tugas yang akan datang. Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, Juli 2020

Nurbaeti

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
ABSRAK	ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
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.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Batasan Masalah	2
I.4 Tujuan Penelitian.....	3
I.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 HDPE.....	4
II.2 Zat Aditif	5
II.4 Pengujian Laju Alir Lelehan.....	9
II.5 Pengujian Termal.....	11
II.6 Pengujian Mekanis	12
II.7 Standar Pipa Pralon	14
II.8 TDS/MSDS resin HDPE	15
II.8.1 Resin HDPE merek asrene.....	15
II.8.2 Resin HDPE merek scg.....	16
II.8.3 Resin HDPE merek polimax.....	17
BAB III METODE.....	18
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	18
III.2 Alat dan Bahan.....	18
III.2.1 Alat	18
III.2.2 Bahan.....	18
III.3 Variabel	18
III.3.1 Variabel Tetap.....	18
III.3.2 Variabel Bebas.....	19
III.4 Prosedur Penelitian.....	19

III.4.1 Prosedur Pengujian Laju Alir Lelehan	21
III.4.2 Prosedur Pengujian Pembuatan Pipa HDPE.....	21
III.4.3 Prosedur Pencampuran Material.....	21
III.4.4 Prosedur Pembuatan Sampel Uji.....	22
III.4.5 Prosedur Pengujian UTM.....	22
III.4.6 Prosedur Pengujian TGA.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
IV.1 Hasil Perbandingan Resin HDPE Terhadap Laju Alir Lelehan Pipa.....	24
IV.2 Hasil Perbandingan Resin HDPE Terhadap Sifat Mekanis Pipa.....	25
IV.3 Hasil Perbandingan Resin HDPE Terhadap Sifat Termal Pipa	27
BAB V PENUTUP	29
V.1 Kesimpulan.....	29
V.2 Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Lembar Bimbingan Tugas Akhir	33
LAMPIRAN B Lembar Surat Tugas Dosen Pembimbing I	35
LAMPIRAN C Lembar Surat Tugas Dosen Pembimbing II.....	36
LAMPIRAN D Hasil Pengujian	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1	Simbol daur ulang plastik HDPE	5
Gambar II. 2	Bagian-bagian pada mesin ekstruder.....	9
Gambar II. 3	Bentuk umum kurva tegangan dan regangan bahan polimer	13
Gambar II. 4	Spesimen tarik.....	14
Gambar III. 1	Skema penelitian.....	20
Gambar IV. 1	Perbandingan nilai <i>melt flow rate</i> dari tiga merek HDPE	24
Gambar IV. 2	Perbandingan nilai <i>melt volume rate</i> dari tiga merek HDPE.....	24
Gambar IV. 3	Perbandingan nilai kuat tarik dari tiga merek HDPE	25
Gambar IV. 4	Perbandingan nilai elongasi dari tiga merek HDPE	26
Gambar IV. 5	Nilai <i>thermogravimetric analysis</i> dari tiga merek HDPE.....	27

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1	Sifat mekanis HDPE	5
Tabel II. 2	Grade masterbatch dan kelebihanya.....	8
Tabel II. 3	Sifat fisika untuk pipa HDPE (SNI 4829.2:2015).....	14
Tabel II. 4	Sifat material merek asrene.....	16
Tabel II. 5	Sifat Fisik bahan merek scg	16
Tabel II. 6	Sifat mekanik bahan merek scg.....	17
Tabel II. 7	Sifat fisik bahan merek polimax	17
Tabel III. 1	Variasi komposisi pelet HDPE dan masterbatch.....	19
Tabel IV. 1	Hasil pengujian <i>thermogravimetric analysis</i> (TGA).....	27

DAFTAR SINGKATAN

SINGKATAN	Nama	Pemakaian Pertama Kali pada Halaman
ASTM	<i>American Standard Testing and Material</i>	6
DSC	<i>Differential Scanning Calorimetry</i>	11
DTA	<i>Differential Thermal Analysis</i>	11
FRR	<i>Flow Rate Ratio</i>	10
HDPE	<i>High Density Polyethylene</i>	4
LDPE	<i>Low Density Polyethylene</i>	4
MDPE	<i>Medium Density Polyethylene</i>	4
MFI	<i>Melt Flow Indexer</i>	10
MFR	<i>Melt Flow Rate</i>	10
MVR	<i>Melt Volume Rate</i>	10
PE	<i>Polyethylene</i>	4
PP	<i>Polypropylene</i>	8
TGA	<i>Thermal Gravimetric Analysis</i>	11
UTM	<i>Universal Testing Mechine</i>	13
VLDPE	<i>Very Low Density Polyethylene</i>	4

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Material perpipaan yang digunakan dalam kebutuhan sehari-hari bermacam jenisnya seperti polietilena, pvc, logam, *acrylic*, dan lain-lain, dengan berbagai macam jenis pipa ini diaplikasikan sesuai penggunaannya masing-masing. Salah satu pipa yang digunakan untuk air bersih yaitu pipa HDPE. HDPE itu sendiri merupakan bahan plastik dengan karakteristik fleksibel dan tahan benturan ini sudah sangat umum digunakan sebagai bahan dasar dari pipa, pipa HDPE atau *high density polyethylene* merupakan pipa plastik bertekanan yang mulai banyak digunakan untuk pipa air dan pipa gas rumah tangga. Di Indonesia sendiri penggunaan pipa HDPE sudah sangat banyak, terutama digunakan oleh PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) (Agus dkk., 2016).

Produsen pipa yang memproduksi pipa HDPE yaitu salah satunya PT Pralon, pipa HDPE di PT Pralon memiliki ciri khas berwarna hitam dan sering digunakan sebagai jaringan induk air bersih untuk distribusi rumah tinggal atau bangunan-bangunan lainnya, dipilihnya sebagai jaringan induk air bersih karena pipa ini memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan pipa logam atau pipa plastik lainnya. HDPE terkenal sebagai bahan plastik yang *non toxic* dan aman digunakan untuk air konsumsi karena tidak akan mencemari air bersih yang mengalir didalamnya dan anti karat.

Pipa HDPE berasal dari material termoplastik yang akan mengalami pengurangan kekuatan pada saat ada peningkatan suhu, dimana resin HDPE memiliki sifat tahan bahan kimia dan memiliki ketahanan elektrik tetapi karena mempunyai titik leleh rendah dan kurang tahan terhadap panas maka penggunaannya di industri menjadi terbatas.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Mehrdad dkk., (2011) tentang pengaruh indeks aliran lelehan dan laju aliran leleh pada resin HDPE dan

menunjukkan bahwa resin HDPE dengan nilai laju alir lelehan terendah membutuhkan energi proses yang besar, sedangkan penelitian yang telah dilakukan oleh Sihama dkk., (2013) tentang analisa perbandingan karakteristik HDPE dengan campuran polimer PP menunjukkan bahwa HDPE memiliki sifat mekanis elastis sehingga memiliki kekuatan tarik yang lebih rendah dan elongasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran polimer PP.

Pipa HDPE yang dihasilkan PT Pralon menggunakan tiga (3) jenis merek resin HDPE yang berbeda, sehingga pada produk maupun pemrosesan memerlukan perlakuan yang berbeda juga. Sementara itu, karena keterbatasan peralatan pengujian di perusahaan maka spesifikasi yang ada hanya berdasarkan sifat mekanis menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dan laju alir lelehan menggunakan *Melt Flow Indexer* (MFI).

Oleh karena itu, dilakukan penelitian perbandingan penggunaan jenis resin terhadap sifat laju alir lelehan, sifat termal dan sifat mekanis sehingga dapat memberi gambaran bagi perusahaan untuk menentukan jenis resin yang optimal.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dibahas sebelumnya, maka permasalahan yang diangkat pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana perbandingan resin HDPE terhadap laju alir leleh pipa pralon?
2. Bagaimana perbandingan resin HDPE terhadap sifat termal dan mekanis pipa pralon?

I.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah penelitian ini adalah:

1. Bahan baku yang digunakan berupa pelet HDPE merek asrene (A), scg (C), dan polimax (B), serta bahan pewarna pada HDPE jenis asrene berupa *masterbatch* berwarna hitam.

2. Proses pembuatan produk pipa menggunakan mesin ekstruder *Merk reinfenhauser*.
3. Tekanan yang digunakan pada mesin *Extrusion* sebesar 4 kg/cm^2 (bar).
4. Persentase pewarna hitam yang digunakan pada HDPE asrene (A) sebesar 4%.
5. Pengujian mekanis (perpanjangan putus dan kuat tarik) menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*) 5kN merk AGS-X
6. Proses pengujian sifat termal dilakukan dengan menggunakan alat *Thermal Gravimetric Analysis* (TGA) 55
7. Pengujian sifat laju alir lelehan dan laju alir volume menggunakan alat MFI (*Melt Flow Indexer*) ZRZ 1452 merk Sanz

I.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian yang telah dibahas sebelumnya, maka permasalahan yang diangkat pada penelitian ini, yaitu:

1. Untuk mengetahui perbandingan resin HDPE terhadap laju alir lelehan pipa pralon.
2. Untuk mengetahui perbandingan resin HDPE terhadap sifat termal dan mekanis pipa pralon.

I.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Menambah pengetahuan dan pengalaman dalam penelitian, serta menambah wawasan dalam berpikir ilmiah.
2. Penelitian ini dapat memberikan informasi kepada masyarakat industri untuk memilih kondisi pipa yang lebih baik.
3. Penelitian ini dapat dijadikan pedoman pada perusahaan untuk kondisi operasi proses produksi serta pemilihan resin yang lebih tepat.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 HDPE

Penggunaan polietilena (PE) meningkat dari hari ke hari dan sekarang dapat dilihat bahwa polietilena digunakan di hampir setiap aktivitas kehidupan. Polietilena adalah polimer gas etilen ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) yang umum digunakan dalam kehidupan kita sehari-hari seperti tas belanjaan, pipa untuk air minum, rompi anti peluru, dan lain lain. Beberapa jenis polietilena dikenal dengan sebagian besar yang memiliki formula kimia $(\text{C}_2\text{H}_4)_n$. Ada berbagai kategori polietilena seperti polietilena densitas rendah (LDPE), polietilena densitas sedang (MDPE), polietilena densitas tinggi (HDPE) dan polietilena densitas sangat rendah (VLDPE) (Rivard dkk., 1995).

HDPE adalah polimer termoplastik yang terbentuk dengan proses katalitik dengan katalis berupa Ziegler-Natta, proses katalitik yaitu sebuah proses yang berfungsi untuk mempercepat terjadinya suatu reaksi atau dalam hal ini disebut polimerisasi (pembentukan molekul plastik). HDPE dengan sedikit cabang menghasilkan struktur yang lebih rapat dengan densitas yang lebih tinggi dan mempunyai ketahanan kimia yang lebih tinggi dari pada LDPE. HDPE juga lebih kuat dan lebih tahan terhadap suhu yang lebih tinggi. Banyak yang memilih HDPE dalam penelitian karena mempunyai kelebihan dibandingkan dengan LDPE (Yatim, 2009).

Kebanyakan aplikasi HDPE dipadukan dengan zat aditif yang diperlukan untuk memperbaiki sifat-sifat HDPE. Bahan aditif tersebut berupa zat-zat dengan berat molekul rendah yang dapat berfungsi sebagai *filler*, pewarna, antioksidan, penyerap sinar ultraviolet, anti lekat dan lain-lain (Yatim, 2009). HDPE mempunyai densitas 950 kg/m^3 dengan rumus kimia $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ yang biasa sering dipakai untuk kemasan jerigen minyak pelumas, botol susu yang berwarna putih, kursi lipat, dan lain-lain (Cayadi, 2010). HDPE dapat didaur ulang, dan memiliki nomor 2 pada simbol daur ulang seperti pada Gambar II.1 berikut:



Gambar II. 1 Simbol daur ulang plastik HDPE
 Sumber: Devi, 2011

Sifat HDPE dapat dilihat berdasarkan sifat mekanis, Sifat mekanis HDPE dapat dilihat pada tabel II.1

Tabel II. 1 Sifat mekanis HDPE

Sifat Mekanis	Nilai	Satuan	Metode Pengujian
<i>Tensile Stress at yield</i>	25	MPa	ISO/R 527
<i>Elongation at Break</i>	250	%	ISO/R 527
<i>Charpy Impact Strength</i>	5	kJ/m^2	ISO 179
<i>Flexural modulus</i>	1300	MPa	ISO 178
<i>Hardness</i>	65		ISO 868

Sumber: PT Lotte Chemical Titan 2015

II.2 Zat Aditif

Zat aditif digunakan untuk mengubah sifat, meningkatkan kemampuan pemrosesan atau menambahkan sifat baru pada material dengan cara menambahkan bahan tersebut pada bahan pokok polimer (Carragher, 2003).

Secara umum bahan tambahan/aditif ini dapat dibedakan menjadi dua yaitu: (1) aditif sengaja yaitu aditif yang secara sengaja ditambahkan untuk meningkatkan konsistensi, citarasa, mengendalikan keasaman/kebasaan, dan memantapkan bentuk dan rupa; (2) aditif tidak sengaja yaitu aditif yang memang telah ada dalam makanan (walaupun sedikit) sebagai akibat dari proses pengolahan (Winarno, 1992).

Berdasarkan fungsinya, zat aditif polimer dapat dikelompokkan menjadi:

a. *Stabilizer*

Stabilizer atau bahan penstabil memiliki fungsi untuk menjaga produk plastik dari kerusakan, baik selama proses, dalam penyimpanan maupun saat diaplikasikan pada produk. Terdapat 3 jenis bahan penstabil yaitu: penstabil panas (*heat stabilizer*) penstabil terhadap sinar ultra violet (*UV Stabilizer*), dan antioksidan (Mujiarto, 2005).

b. *Plasticizer*

Plasticizer adalah senyawa aditif yang ditambahkan kepada polimer untuk menambah fleksibilitas dan *workability*-nya. Penggunaan *plasticizer* harus diminimalkan karena beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa *plasticizer* dapat meningkatkan permeabilitas uap air dan menurunkan sifat kohesi film yang mempengaruhi sifat mekanis film (Silva dkk., 2009).

c. Bahan pengisi (*filler*)

Berdasarkan *American Society for Testing and Materials standard (ASTM) D-883* bahan pengisi (*filler*) adalah suatu material relatif *inert* yang ditambahkan pada plastik untuk meningkatkan kekuatan, sifat, kualitas, atau untuk mengurangi biaya produksi. Contoh bahan pengisi adalah *talc*, kalsium karbonat (CaCO_3), *carbon black* dan silika, namun yang umumnya digunakan adalah kalsium karbonat (CaCO_3) dan *talc* (Carragher, 2003).

d. Pewarna

Warna selalu digunakan pada hampir seluruh produk plastik karena dapat meningkatkan estetika penampilan produk tersebut. Warna produk dapat mempengaruhi persepsi konsumen mengenai seberapa baik penjualan produk tersebut, selain itu variasi warna mungkin diperlukan sesuai dengan permintaan konsumen. Pewarna (*colorant*) adalah senyawa yang digunakan untuk memberi warna pada suatu produk (Maier dan Teresa, 1998).

Salah satu zat warna yang umum digunakan adalah *masterbatch*. *Masterbatch* merupakan jenis pewarna plastik yang berbentuk padatan (*gramule*), terdiri dari

campuran yang sangat kompleks dari resin termoplastik (misalnya polietilena, polipropilena, polivinil klorida atau campuran polimer lainnya) dan pigmen (karbon hitam, titanium dioksida atau materi pigmen yang lainnya) dengan konsentrasi tinggi. *Masterbatch* banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, misalnya sebagai pewarna kemasan dan ekstrusi pipa (Groves dan Whitehouse, 1993).

Masterbatch adalah pewarna yang terdispersi dalam resin pembawa yang diformulasikan untuk digunakan pada jenis polimer tertentu, umumnya resin yang digunakan adalah jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE). *Masterbatch* dapat mengandung 10-80% zat warna, sesuai dengan kebutuhan aplikasinya. *Masterbatch* memiliki kelebihan dari zat warna lainnya yaitu, bebas debu, mudah bercampur dengan resin, dan mudah diukur penggunaannya. Selain itu perubahan warna menggunakan *masterbatch* relatif mudah (Maier dan Teresa, 1998).

Pigmen warna yang digunakan dalam industri plastik dapat dibagi menjadi dua kelompok: pigmen organik dan anorganik. Partikel utama dari pigmen yang paling sering digunakan disusun oleh kristal molekuler kecil, dan menunjukkan dimensi mulai dari 20 hingga 500 nm. Hal ini disebut pewarna nano.

Secara umum, pigmen warna untuk plastik harus memenuhi beberapa persyaratan: (i) tidak dapat larut dalam polimer dimana mereka dimasukkan, (ii) mudah terdispersi dalam matriks, (iii) kestabilan kimia dalam kondisi pemrosesan termomekanis yang baik, (iv) kompatibilitas dengan aditif lain yang digunakan, (v) tidak beracun dan (vi) ramah lingkungan. Pigmen yang paling banyak digunakan untuk matriks polimer adalah pigmen organik yaitu pigmen biru dan violet.

Hal ini disebabkan oleh energi antarmuka yang tinggi yang terbentuk antara pigmen dan poliamida yang cenderung berkurang melalui sistem sirkulasi. Berdasarkan fungsi dan kelebihannya *masterbatch* dibagi dalam beberapa *grade* yang tertera pada tabel II.2

Tabel II. 2 *Grade masterbatch* dan kelebihanya

Aplikasi	Grade	Kadar (%)	Kelebihan
Polietilena (PE) dan Polipropilena (PP) pada proses: ekstrusi, <i>blown film, blow molding, injection molding</i>	HG 9688	2-6	Memiliki sifat dispersi yang sangat baik, produk dengan kualitas premium
	3510	2-4	Memiliki sifat dispersi yang sangat baik, memiliki kepekatan dalam pewarnaan sehingga dapat menekan biaya produksi
	SP 45	2-5	Memiliki kemampuan cetak yang tinggi
Polietilena (PE) dan Polipropilena (PP) untuk pipa	PE 100	2-3	Memiliki kepekatan dalam pewarnaan, <i>grade</i> ini dirancang untuk pipa bertekanan
Proses ekstrusi lembaran dan <i>injection molding</i>	AS 40	1-3	Memiliki sifat dispersi yang sangat baik dengan <i>jetness/kepekatan</i> tinggi untuk polimer stirena
	S 3505	1-3	Memiliki sifat dispersi yang sangat baik, warna kebiruan dan memiliki stabilitas dimensi yang baik.

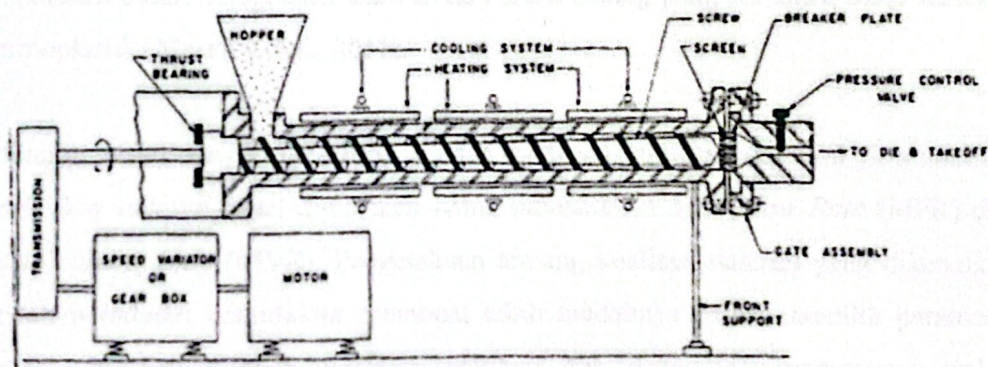
Sumber: PT Intera Lestari Polimer, 2019.

II.3 Proses Ekstrusi

Ekstrusi merupakan salah satu proses yang paling banyak digunakan dalam proses manufaktur. Aplikasi dalam penggunaan proses ekstrusi sangat luas seperti pada komponen-komponen mobil, sampai dengan proses pembentukan pada komponen-komponen yang sangat kecil. Ekstrusi juga merupakan proses manufaktur dengan penekanan pada material sampai terjadi deformasi plastis sehingga terbentuk komponen sesuai dengan bentuk yang telah didesain (Firmandini, 2007). Proses ekstrusi adalah proses yang digunakan oleh industri plastik untuk memproduksi granula dan produk setengah jadi seperti *fiber mat*. Alat yang digunakan pada proses ekstrusi adalah ekstruder yang memiliki sekrup tunggal (*single screw*) maupun ganda

(*double screw*) dengan arah rotasi searah (*co-rotation*) dan berlawanan arah (*counter-rotation*). Sekrup tunggal (*single screw*) digunakan ketika hasil pencampuran yang diinginkan tidak perlu terlalu tinggi (homogen), sedangkan ekstruder dengan sekrup ganda (*double screw*) menghasilkan pencampuran yang terbaik dikarenakan mampu mendistribusikan serat secara merata ke dalam lelehan polimer termoplastik.

Dalam perkembangannya, proses ekstrusi telah memberikan kemudahan bagi industri manufaktur dalam usaha pembuatan produk hasil industri. Hampir semua industri manufaktur telah menggunakan teknologi *die* yang menggantikan kemampuan keahlian tangan manusia. Penggunaan *die* akan memberikan dampak pada efisiensi waktu, karena dengan adanya *die* memungkinkan untuk memproduksi dalam jumlah yang besar (Firmandini, 2007). Gambar bagian-bagian dari mesin ekstruder dapat dilihat pada Gambar II.2 sebagai berikut:



Gambar II. 2 Bagian-bagian pada mesin ekstruder
Sumber: Firmandini,2007

II.4 Pengujian Laju Alir Lelehan

Indeks alir lelehan adalah ukuran kemudahan alir dari suatu lelehan polimer termoplastik. Ukuran tersebut didefinisikan sebagai massa polimer dalam gram per 10 menit yang keluar melalui lubang kapiler dengan diameter dan panjang tertentu dan

didorong oleh tekanan dari beban alternatif pada temperatur alternatif. Metode ini tercantum dalam ASTM D1238 dan ISO 1133.

Melt Flow Indexer atau *Melt Flow Index Tester* memanfaatkan pemanasan induksi magnetis dan sistem ekstrusi. Alat ini terdiri dari rangkaian piston dan tabung silinder yang dipanaskan untuk diisi sampel. Beban tertentu akan diberikan pada piston, dan lelehan sampel keluar melalui *die* kapiler berdimensi tertentu (Darojat, 2008).

Melt flow indexer adalah pengujian yang meliputi penentuan kecepatan ekstrusi dari resin termoplastik cair menggunakan ekstrusi plastomer. Setelah melakukan pemanasan terlebih dahulu (*preheating*) dengan waktu yang ditentukan, resin akan terekstrusi melewati die dengan panjang yang spesifik, dan diameter *orifice* berdasarkan kondisi temperatur yang sudah ditentukan, serta beban dan piston diatas diameter silinder. Pengujian tersebut dapat mengetahui nilai dari *Melt Flow Rate* (MFR), *Melt Volume Rate* (MVR) dan *Flow Rate Ratio* (FRR). Nilai-nilai tersebut digunakan untuk mengetahui kualitas dari suatu barang yang berbahan dasar material termoplastik (Moseley dkk., 2011).

Menurut penelitian Wezska dkk., (2013) mengenai aplikasi alat *melt flow indexer* *Melt flow indexer* dapat digunakan untuk menentukan *Melt Flow Rate* (MFR) dan *Melt Volume Rate* (MVR). Pengetahuan tentang kualitas material yang dikenalkan kedalam industri manufaktur membuat lebih mudahnya dalam memilih parameter proses (khususnya pada *injection molding* dan *extrusion*), mengurangi waktu produksi dan meminimalisir biaya persiapan produksi. Pada saat pengujian dengan temperatur 170°C, waktu material mengalir melalui *orifice* cukup panjang dan pada saat ditambahkan beban 2,16 kg terdapat buih (*bubble*) pada material. Sampel *polypropylene: Vistalon 404* pada suhu 180°C dan dengan beban 0,325 kg memiliki nilai *topography* paling banyak pada permukaannya. Nilai MFR dari *Polypropylene: Vistalon 404* adalah 1.234 g / 10 menit, sedangkan nilai MVRnya adalah 1.67 cm³ / 10 menit. Untuk mendapatkan bentuk maksimal, waktu dan biaya produksi, dianjurkan mempersiapkan material pada temperatur *molding* 175°C.

Pada pengujian ini dijelaskan bahwa salah satu yang dibutuhkan untuk mengontrol kualitas termoplastik dapat ditentukan dari volume dan laju aliran massa. *Melt flow indexer* dapat digunakan untuk menentukan *Melt Flow Rate* (MFR) dan *Melt Volume Rate* (MVR), *Melt Flow Rate* (MFR) adalah ukuran kecepatan ekstrusi dari material termoplastik yang melewati *die* dengan temperatur dan beban yang sudah ditentukan (ASTM Internasional, 2010). Ukuran tersebut didefinisikan sebagai massa polimer dalam gram per 10 menit yang keluar melalui lubang kapiler dengan diameter dan panjang tertentu dan didorong oleh tekanan dari beban alternatif pada temperatur alternative (Darojat, 2008). *Melt Volume Rate* (MVR) adalah kecepatan resin yang telah dicairkan mengalir melalui *die* dengan tinggi dan diameter yang sudah ditentukan, kondisi temperatur yang sudah diketahui, serta beban dan piston didalam tabung silinder. Kecepatan ditentukan dari volume resin yang telah terekstrusi dengan waktu yang ditentukan dinyatakan dalam centimeter kubik per 10 menit (Chen dkk, 2011).

II.5 Pengujian Termal

Analisis termogravimetri (TGA) merupakan teknik analisis termal yang mengukur perubahan massa dalam suatu bahan sebagai fungsi suhu dan waktu dalam lingkungan yang terkontrol. Ini bisa sangat berguna untuk menyelidiki stabilitas termal suatu material atau untuk menyelidiki perilakunya di atmosfer yang berbeda (misal lembam atau teroksidasi). TGA diterapkan penentuan studi stabilitas termal / degradasi HDPE murni dalam berbagai rentang suhu. (Kumar, 2014). Analisa termal merupakan teknik pengukuran perubahan sifat-sifat fisik dan kimia suatu material sebagai fungsi atau respon terhadap perubahan suhu. Teknik analisa termal yang utama dan populer terbagi menjadi dua, yaitu analisa termogravimetri/*Thermo Gravimetric Analysis* (TGA) dan analisa diferensial termal/*Differential Thermal Analysis* (DTA). Pada TGA, perubahan berat sampel sebagai fungsi dari suhu maupun waktu direkam secara otomatis. Sedangkan pada DTA diukur perbedaan Suhu (ΔT) antara suhu sampel dengan suhu material referensi yang *inert*. Teknik

yang berhubungan dengan DTA adalah *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) (Setiabudi, 2012).

Pengujian sifat termal ini dapat menggunakan alat *Thermal Gravimetric Analysis* (TGA). *Thermogravimetric Analysis* (TGA) adalah suatu teknik atau metode pengujian yang digunakan untuk menentukan stabilitas termal material dan fraksi komponen yang bersifat *volatile* dengan cara menghitung perubahan berat yang dihubungkan dengan kenaikan suhu (Kumar, 2014).

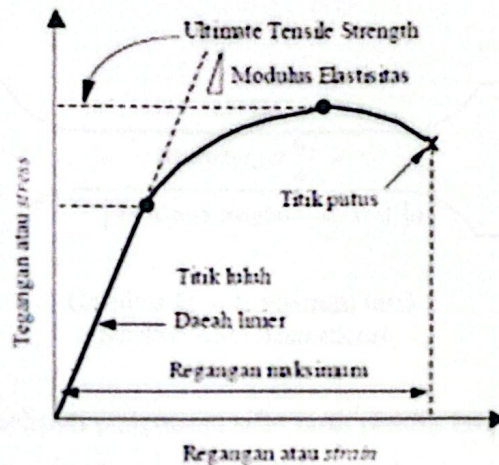
Pengujian menggunakan TGA biasanya digunakan untuk menentukan karakteristik khusus suatu polimer, sehingga dapat menentukan penurunan suhu, kandungan material yang diserap, komponen organik maupun anorganik yang berada di dalam material, dekomposisi material dan residu bahan pelarut. TGA juga sering digunakan untuk kinetika korosi akibat oksidasi pada suhu tinggi. Umumnya karakterisasi sampel menggunakan metode TGA dilakukan pada rentang suhu yang sangat tinggi, yaitu sekitar 190-1600°C dan sampel yang digunakan hanya sedikit dan merupakan salah satu keuntungan dalam pengujian menggunakan metode ini. Hal ini dikarenakan untuk mengurangi masalah *gradient thermal* yang diakibatkan terlalu banyaknya sampel yang digunakan sehingga menyebabkan berkurangnya sensitivitas serta akurasi dari TGA (Kumar, 2014).

II.6 Pengujian Mekanis

Secara umum karakteristik mekanis plastik terdiri dari kuat tarik (*tensile strength*), persen pemanjangan (*elongation at break*), dan elastisitas (*elastic modulus*). Parameter-parameter tersebut dapat menjelaskan bagaimana karakteristik mekanis dari bahan polimer yang berkaitan dengan struktur kimianya (Akbar dkk., 2013).

Kuat tarik merupakan ukuran besarnya beban atau gaya yang dapat ditahan sebelum suatu sampel rusak atau putus. Kekuatan tarik diukur dengan menarik polimer pada dimensi yang seragam. Untuk mengetahui kekuatan tarik suatu bahan maka perlu

dilakukan pengujian tarik (*tensile strength*). Dengan melakukan uji tarik dapat mengetahui kekuatan tarik saat putus dan perpanjangan saat putus dari bahan. Apabila suatu bahan ditarik sampai putus, maka akan diperoleh kurva. Kurva tersebut menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang (Sinaga, 2015). Kurva tegangan regangan terlihat pada Gambar II.3

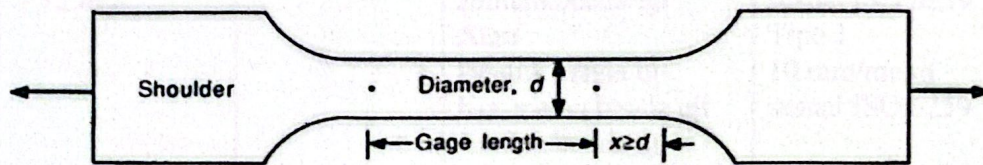


Gambar II. 3 Bentuk umum kurva tegangan dan regangan bahan polimer
Sumber: Ginting, 2016

Sifat mekanis merupakan salah satu karakteristik material yang dapat menentukan kualitas dari material yang berhubungan dengan sifat elastis dan plastis material terhadap pembebanan yang diberikan. Sifat mekanis terdiri dari kekuatan tarik, kekakuan, keuletan, dan lain-lain. Pengujian sifat mekanis dari material ini dapat menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Pengujian kekuatan tarik melibatkan pemasangan spesimen uji ke dalam tempat pengujian dan memberikan tegangan kepada spesimen hingga spesimen patah.

Spesimen Tarik. Pertimbangkan spesimen tarik tipikal yang ditunjukkan pada gambar, ini memiliki ujung besar untuk pegangan. Bagian penting dari spesimen adalah bagian pengukur. Luas penampang berkurang relatif terhadap sisa spesimen

sehingga deformasi dan kerusakan akan terlokalisasi di daerah ini. Panjang pengukur adalah wilayah di mana pengukuran dilakukan dan berpusat di dalam bagian yang dikurangi. Jarak antara ujung bagian alat ukur dan bahu harus cukup besar sehingga ujung yang lebih besar tidak membatasi deformasi di bagian alat ukur, dan panjang alat ukur harus relatif besar terhadap diameternya. Jika tidak, keadaan stres akan lebih kompleks daripada ketegangan sederhana. Spesimen pengujian di tunjukkan pada Gambar II.4.



Gambar II. 4 Spesimen tarik
Sumber: ASM International

Metode pengujian ini meliputi penentuan sifat tarik plastik tanpa tulangan dan plastik bertulang berupa benda uji berbentuk halter standar saat diuji dalam kondisi pretreatment, suhu, kelembaban, dan kecepatan mesin uji yang ditentukan. Metode pengujian ini dapat diterapkan untuk bahan pengujian dengan berbagai ketebalan hingga 14 mm (0,55 inci). (ASTM D638)

II.7 Standar Pipa Pralon

Berdasarkan standar pipa yang digunakan PT. Pralon untuk sifat fisis yaitu SNI 4829.2:2015. Saat pengujian menggunakan metode dan parameter uji yang ditentukan, maka pipa harus memiliki karakteristik fisik yang sesuai dengan persyaratan. Persyaratan tersebut dapat dilihat pada tabel II.3

Tabel II. 3 Sifat fisis untuk pipa HDPE (SNI 4829.2:2015)

Sifat	Persyaratan	Parameter uji	
		Parameter	Nilai

Sifat	Persyaratan	Parameter uji	
		Parameter	Nilai
Elongasi pada patahan untuk $e \leq 5$ mm	$\geq 350\%$	Bentuk benda uji Kecepatan benda uji Jumlah benda uji	Tipe 2 110 mm/menit sesuai ISO 6259
Elongasi pada patahan untuk $5 \text{ mm} < e \leq 12$ mm	$\geq 350\%$	Bentuk benda uji Kecepatan benda uji Jumlah benda uji	Tipe 1 50 mm/menit sesuai ISO 6259
Elongasi pada patahan untuk $e > 12$ mm	$\geq 350\%$	Bentuk benda uji Kecepatan benda uji Jumlah benda uji Atau Bentuk benda uji Kecepatan benda uji Jumlah benda uji	Tipe 1 25 mm/menit sesuai ISO 6259 Tipe 1 10 mm/menit sesuai ISO 6259
Pembalikan longitudinal	$\leq 3\%$ Tidak ada dampak terhadap permukaan	Bentuk dan jumlah benda uji Suhu uji: PE 80, PE 100 Waktu	Sesuai ISO 2505 (110 ± 2) \square Sesuai ISO 2505
<i>Melt mass-flow rate</i> MFR untuk PE 80, PE 100	Perubahan MFR oleh proses $\pm 20\%$	Beban Suhu uji Waktu Jumlah benda uji	5.0 kg 190 \square 10 menit Sesuai ISO 1133-1

Sumber: SNI 4829.2 (2015)

Untuk nilai kuat tarik berdasarkan pada SNI 06-4829-2005, nilai kuat tarik minimum harus 20 MPa ($200\text{kg}/\text{cm}^2$) dan perpanjangan minimum harus 400% bila diuji pada suhu 20 \square .

II.8 TDS/MSDS resin HDPE

II.8.1 Resin HDPE merek asrene

HDPE merek asrene diproduksi oleh PT. Chandra Asri Petrochemical. Resin asrene memiliki penampakan warna putih, sehingga untuk menghasilkan pipa warna hitam, perlu ditambahkan masterbatch. Resin HDPE yang dipasok dalam bentuk pellet alami dan cocok untuk pipa bertekanan, pipa distribusi air, dan pipa industri yang

membutuhkan sifat tarik tinggi, ketahanan tegangan yang sangat baik. Adapun sifat dari HDPE merek Asrene seperti terlihat pada Tabel II.4

Tabel II. 4 Sifat material merek asrene

Sifat Fisik	Satuan	Nilai
<i>Density</i>	g/cm ³	0,949
<i>Melt Index (190 °C/2.16 kg)</i>	g/10 min	0.06
<i>Melt Index (190 °C/5.0 kg)</i>	g/10 min	0.25
<i>Melt Index (190 °C/21.6 kg)</i>	g/10 min	9.0
<i>Brittleness Temperature</i>	°C	< -70
<i>Tensile Strength at Yield</i>	MPa	30
<i>Tensile Strength at Break</i>	MPa	50
<i>Ultimate Elongation</i>	%	> 700
<i>Tensile Impact Strength</i>	kJ/m ²	550
<i>Flexural Modulus</i>	MPa	1,300
<i>Vicat Softening Temperature</i>	°C	130
<i>Melting Point</i>	°C	131
<i>Oxidative-Induction Time 200□</i>	min	> 80
<i>Viscosity at 0.1 sec⁻¹, 190 °C</i>	Pa.s	> 100,000

Sumber: TDS HDPE PT Chandra Asri Petrochemical

II.8.2 Resin HDPE merek scg

HDPE merek SCG merupakan salah satu resin yang dihasilkan oleh PT. SCG Chemical, secara fisik memiliki warna hitam, adapun sifat lainnya seperti terlihat pada Tabel II.5 dan Tabel II.6

Tabel II. 5 Sifat Fisik bahan merek scg

Sifat Fisik	Standar
Specific Gravity	0.959 g/cc
Environmental Stress Crack Resistance	≥ 10000 hour
Oxidative Induction Time (OIT)	≥ 70 min
Carbon Black Loading	2.3%
Melt Flow	0.25 g/10 min

Sumber: TDS HDPE PT SCG Chemical

Tabel II. 6 Sifat mekanis bahan merek scg

Sifat Mekanik	Standar
<i>Hardness</i>	64
<i>Tensile Strength at Break</i>	35.0 MPa
<i>Tensile Strength, Yield</i>	23.0 MPa
<i>Elongation at Break</i>	791%
<i>Flexural Modulus</i>	1.00 GPa
<i>Izod Impact, Notched</i>	2.45 J/cm
	3.14 J/cm
	3.53 J/cm
<i>Hydrostatic Design basis</i>	10.0 MPa

Sumber: TDS HDPE PT SCG Chemical

II.8.3 Resin HDPE merek polimax

HDPE merek polimax diproduksi oleh PT. IRPC. Resin asrene memiliki penampakan warna hitam. HDPE merek ini dibuat khusus untuk menghasilkan kinerja tinggi dalam aplikasi pipa air, diantaranya; air minum, tekanan, limbah dan pipa drainase, adapun sifat dari HDPE merek polimax seperti terlihat pada Tabel II.7

Tabel II. 7 Sifat fisik bahan merek polimax

Sifat Fisik	Satuan	Nilai
<i>Density</i>	g/cm ²	0,959
<i>Melt Flow Rate (190 °C, 5 kg)</i>	g/10 min	0.25
<i>Carbon Black Content</i>	%wt	2.25
<i>Carbon Black Dispersion</i>	-	≤ grade 2.5
<i>Water Content</i>	ppm	≤ 250
<i>Tensile Strength at Yield</i>	MPa	22
<i>Tensile Strength at Break</i>	MPa	≥ 31
<i>Elongation at Break</i>	%	> 750
<i>Volatile Content</i>	ppm	≤ 350
<i>Minimum Required Strength (MRS)</i>	MPa	10
<i>Oxidation-Induction Time at 210□</i>	min	> 50

Sumber: TDS HDPE PT IRPC

BAB III METODE

III.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dimulai pada bulan Januari-Juli 2020. Pembuatan Pipa Pralon, pengujian MFI, dan pengujian sifat mekanis dilakukan di PT Pralon, sedangkan pengujian sifat termal dilakukan di Politeknik STMI Jakarta.

III.2 Alat dan Bahan

III.2.1 Alat

1. Mesin ekstruder merek *Reinfehauser*
2. *Universal Testing Machine* (UTM) 5kN merek AGS-X
3. *Thermal Gravimetric Analysis* (TGA) merek TA TGA 55
4. *Melt Flow Indexer* (MFI) ZRZ 1452 merek Sanz

III.2.2 Bahan

1. HDPE murni merek asrene (A), polimax (B), dan scg (C)
2. *Masterbatch black* untuk HDPE (asrene)

III.3 Variabel

Pada penelitian ini terdapat dua jenis variabel yang digunakan, yaitu: variabel tetap dan variabel bebas

III.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap dalam penelitian ini adalah:

1. Suhu operasi : 200°C untuk mesin ekstruder
190°C untuk mesin *Melt Flow Indexer* (MFI)
2. Tekanan operasi: 4 kg/cm² untuk mesin ekstruder
3. Beban piston MFI yang digunakan yaitu 5 kg
4. Persentase *masterbatch black* yang digunakan dicampurkan dengan asrene sebesar 4%
5. Massa sampel uji TGA yang digunakan yaitu ± 20 mg
6. Laju alir N₂ pada uji TGA sebesar 60ml/min

BAB III METODE

III.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dimulai pada bulan Januari-Juli 2020. Pembuatan Pipa Pralon, pengujian MFI, dan pengujian sifat mekanis dilakukan di PT Pralon, sedangkan pengujian sifat termal dilakukan di Politeknik STMI Jakarta.

III.2 Alat dan Bahan

III.2.1 Alat

1. Mesin ekstruder merek *Reinfenhauser*
2. *Universal Testing Machine* (UTM) 5kN merek AGS-X
3. *Thermal Gravimetric Analysis* (TGA) merek TA TGA 55
4. *Melt Flow Indexer* (MFI) ZRZ 1452 merek Sanz

III.2.2 Bahan

1. HDPE murni merek asrene (A), polimax (B), dan scg (C)
2. *Masterbatch black* untuk HDPE (asrene)

III.3 Variabel

Pada penelitian ini terdapat dua jenis variabel yang digunakan, yaitu: variabel tetap dan variabel bebas

III.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap dalam penelitian ini adalah:

1. Suhu operasi : 200°C untuk mesin ekstruder
190°C untuk mesin *Melt Flow Indexer* (MFI)
2. Tekanan operasi: 4 kg/cm² untuk mesin ekstruder
3. Beban piston MFI yang digunakan yaitu 5 kg
4. Persentase *masterbatch black* yang digunakan dicampurkan dengan asrene sebesar 4%
5. Massa sampel uji TGA yang digunakan yaitu ± 20 mg
6. Laju alir N₂ pada uji TGA sebesar 60ml/min

7. Suhu pemanasan pada uji TGA yaitu 30-70°C

III.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel III.1.

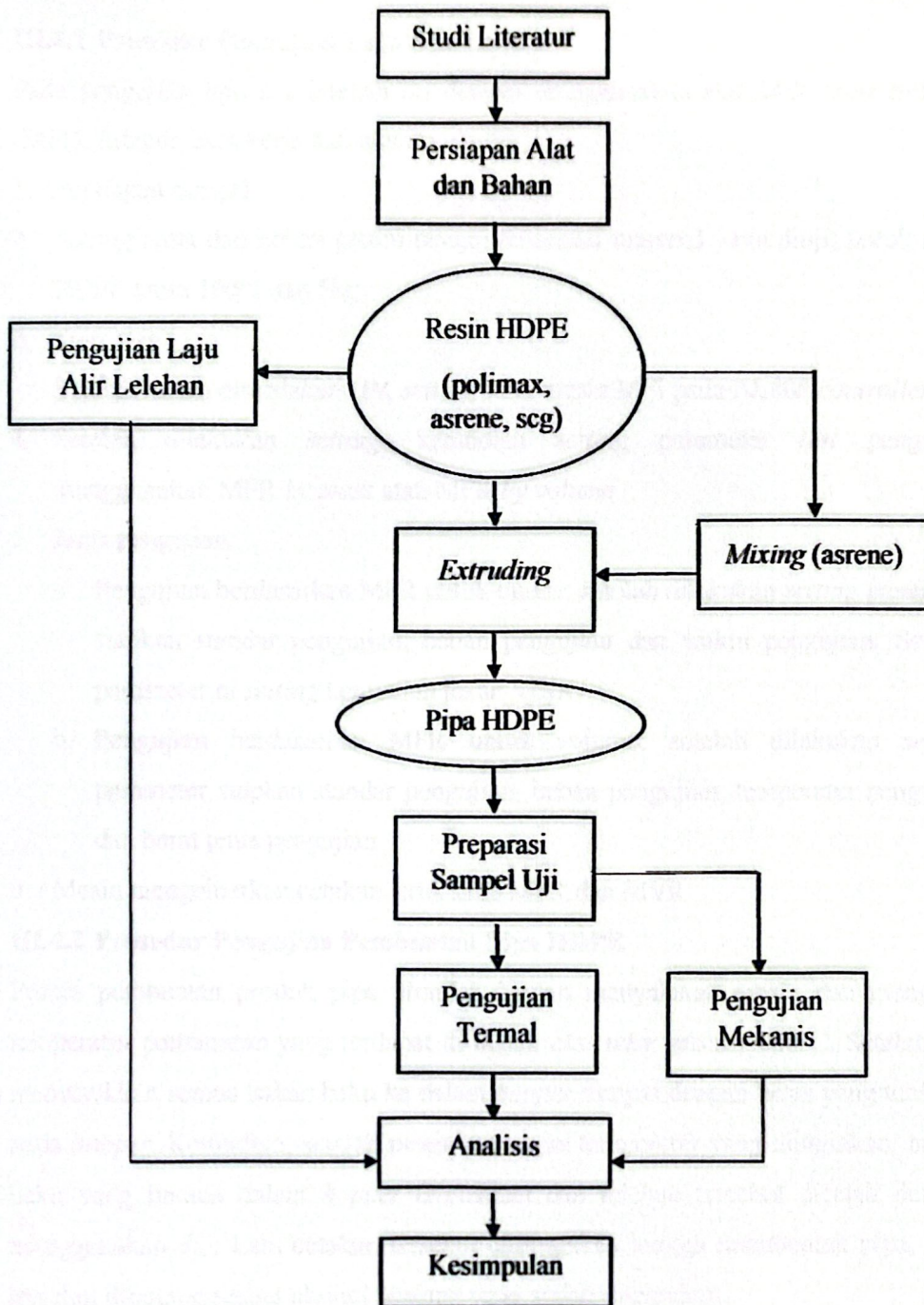
Tabel III. 1 Variasi komposisi pelet HDPE dan masterbatch

Variabel	HDPE		Masterbatch	
	Presentase (%)	Massa (kg)	Presentase (%)	Massa (kg)
Scg	100	500	0	0
Asrene	100	475	4	25
Polimax	100	500	0	0

Tujuan penambahan *masterbatch* pada asrene yaitu sebagai pewarna pada pipa.

III.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dimulai dengan beberapa tahapan. Tahap pertama yang dilakukan adalah melakukan pengujian MFI dengan menggunakan beban piston sebesar 5 kg dan dengan suhu operasi 190°C pada resin HDPE (polimax, asrene dan scg) untuk proses pembuatan pipa. Selanjutnya, resin tersebut ditimbang dan dilanjutkan ke proses pencetakan dengan menggunakan mesin *extruder* merek *reinfenhauser* pada tekanan 4 kg/cm² sampai menghasilkan produk pipa, sebelum resin HDPE merek asrene dimasukkan ke dalam mesin ekstruder, material tersebut di mixing dengan *masterbatch black*. Setelah itu, produk jadi tersebut dibentuk menjadi beberapa potongan. Potongan tersebut kemudian dibentuk *dogbone* untuk dijadikan sampel lalu dilakukan pengujian mekanis dari sampel pipa tersebut menggunakan alat UTM. Untuk mengetahui sifat termal dari sampel pipa maka dilakukan pengujian menggunakan alat TGA dengan suhu pemanasan sekitar 30-70°C dan dengan laju N₂ sebesar 60ml/min. Skema dapat dilihat pada Gambar III.1:



Gambar III. 1 Skema penelitian

III.4.1 Prosedur Pengujian Laju Alir Lelehan

Pada pengujian laju alir lelehan ini dengan menggunakan alat *Melt Flow Indexer* (MFI). Adapun cara kerja dari alat ini, yaitu:

1. Persiapan sampel
2. *Setting* suhu dan beban piston pengujian sesuai material yang diuji, untuk resin HDPE yaitu 190°C dan 5kg
3. *Start test*
Setelah mesin dinyalakan *ON*, *setting* suhu mesin MFI pada *AL808 controller*.
4. Setelah dilakukan *setting*, kemudian *setting* parameter *test* pengujian menggunakan *MFR by mass* atau *MFR by volume*
5. Jenis pengujian:
 - a. Pengujian berdasarkan MFR untuk massa: setelah dilakukan *setting* parameter siapkan standar pengujian, beban pengujian dan waktu pengujian. Setelah parameter di *setting* kemudian tekan *START*
 - b. Pengujian berdasarkan MFR untuk volume: setelah dilakukan *setting* parameter siapkan standar pengujian, beban pengujian, temperatur pengujian dan berat jenis pengujian
6. Mesin mengeluarkan cetakan struk nilai MFR dan MVR

III.4.2 Prosedur Pengujian Pembuatan Pipa HDPE

Proses pembuatan produk pipa dimulai dengan menyalakan mesin dan mengatur temperatur pemanasan yang terdapat di mesin *ekstruder* sebesar 200°C. Setelah itu, memasukkan semua bahan baku ke dalam *hopper* sampai dengan batas yang terdapat pada *hopper*. Kemudian, setelah mesin mencapai temperatur yang diinginkan, bahan baku yang berada dalam *hopper* dilelehkan dan lelehan tersebut dicetak dengan menggunakan *die*. Lalu cetakan tersebut didinginkan hingga membentuk pipa, pipa tersebut dipotong sesuai ukuran panjang yang sudah ditentukan.

III.4.3 Prosedur Pencampuran Material

Proses pencampuran material ini yaitu resin HDPE merek asrene dengan *masterbatch black* di *mixing* secara manual, dimana proses ini dimaksudkan untuk mendapatkan campuran yang homogen.

III.4.4 Prosedur Pembuatan Sampel Uji

Pembuatan sampel uji HDPE dilakukan dengan mencetak pipa yang sudah diambil beberapa potong kemudian dibentuk *dogbone*. *Dogbone* yang digunakan berdasarkan SNI 4829 tipe 1, sampel ini yang nantinya akan dilakukan pengujian untuk uji tarik, kemudian sampel pipa ini dipotong dengan ukuran kecil untuk dilakukan pengujian sifat termal

III.4.5 Prosedur Pengujian UTM

Pengujian kuat tarik bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat tarik dari pipa HDPE. Pengujian kuat Tarik pipa dilakukan dengan menggunakan UTM pada kecepatan pengujian dan panjang *grip* mengikuti standar yang digunakan. Adapun prosedur penggunaan dari alat tersebut, yaitu Ukur lebar badan dan tebal dari masing-masing spesimen menggunakan jangka sorong. Catat massa, lebar badan, dan ketebalan dari masing-masing spesimen.

Nyalakan mesin UTM dengan menekan tombol "on". Hidupkan komputer dengan menekan tombol "power" pada komputer dan klik *software win test*, lalu klik parameter dari masing-masing spesimen. Ukur jarak antar *grip* (sebelum proses pemutusan spesimen) menggunakan jangka sorong. Buka *grip* penjepit bagian atas dan bagian bawah pada alat UTM, lalu letakkan spesimen di bagian penjepit dan luruskan hingga spesimen berada di tengah-tengah (pastikan posisi penjepit sama dan tidak bergoyang), kemudian jepit bagian kepala atas dan bawah spesimen. (Posisikan spesimen dalam keadaan lurus dan seimbang), lalu tekan "absolute zero", klik "ok", kemudian klik tanda I.

Masukkan data parameter spesimen yang meliputi: nama, ketebalan, lebar, dan panjang spesimen. Untuk *machine movement* di atur ke angka nol. Lalu klik uji tarik yang tertera pada layar monitor. Tunggu hingga spesimen terputus.

Ukur kembali jarak antar *grip* saat setelah proses pemutusan menggunakan meteran, kemudian ambil spesimen yang telah selesai diuji. Lakukan dengan langkah-langkah

yang sama untuk spesimen selanjutnya yang belum diuji pada mesin UTM. Jika semua spesimen sudah dilakukan pengujian, maka matikan mesin dengan cara *shut down* pada layar monitor dan tekan tombol “*off*” pada mesin UTM.

III.4.6 Prosedur Pengujian TGA

Pengujian sifat termal dilakukan untuk menentukan kestabilan termal dari suatu material. Pada pengujian sifat termal ini dengan menggunakan alat *Thermal Gravimetric Analysis* (TGA). Adapun cara kerja dari alat ini, yaitu sebelum memulai pengoprasian pastikan pengaturan semua suplai tabung gas nitrogen dan gas oksigen terbuka. Menyalakan komputer, membuka program pengukuran dan menunggu selama 60 menit untuk membiarkan alat *optimizing*.

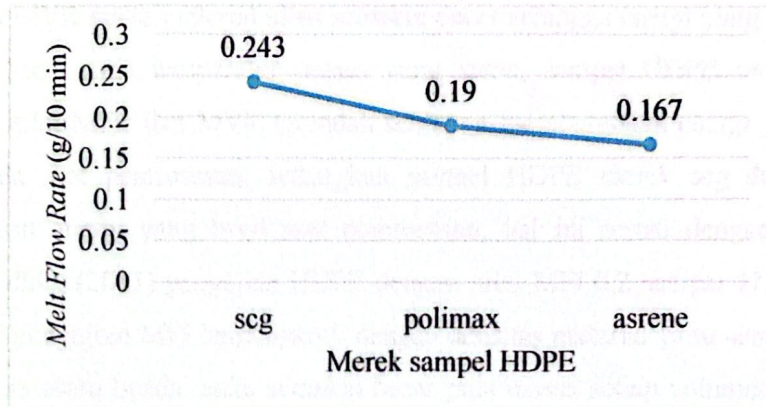
Menimbang sampel sebanyak ± 20 mg. Mengkalibrasi timbangan sebelum digunakan dengan memasukkan *pan* kedalam timbangan (*Thermobalance*). Mengatur kondisi operasi laju alir N_2 sebesar 60ml/min, temperatur awal dan temperatur akhir pada komputer yang terhubung dengan alat TGA. Apabila timbangan sudah terkalibrasi atau sudah di *tare* menjadi 0 (nol), lalu memasukkan sampel kedalam *pan*.

Klik *start* pada *touch screen* di mesin TGA. Selama pengukuran agar dipastikan meja dan alat tidak boleh tersentuh. Menunggu proses pemanasan pada suhu yang ditentukan tercapai dan proses dekomposisi selesai. Setelah selesai, alat mengalami proses pendinginan yang akan mengeluarkan gas dan untuk mengeluarkan sisa sampel, setelah suhu mencapai dibawah $80^\circ C$ lalu tekan *stop*. Alat akan mengeluarkan *pan* secara otomatis setelah suhu pendinginan selesai, dan *pan* diambil menggunakan pinset. Bersihkan *pan* secara perlahan. Matikan mesin TGA setelah digunakan, dan periksa kembali serta pastikan laju alir gasnya telah dihentikan.

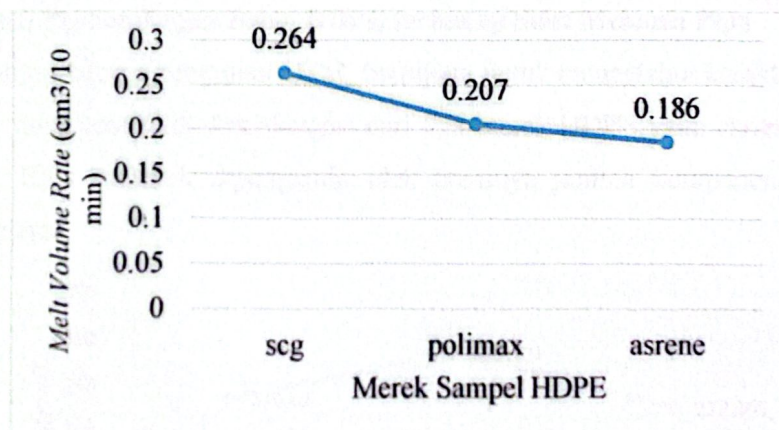
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Perbandingan Resin HDPE terhadap Laju Alir Lelehan Pipa

Berikut adalah hasil pengujian MFI terlihat pada Gambar IV.1



Gambar IV. 1 Perbandingan nilai *melt flow rate* dari tiga merek HDPE



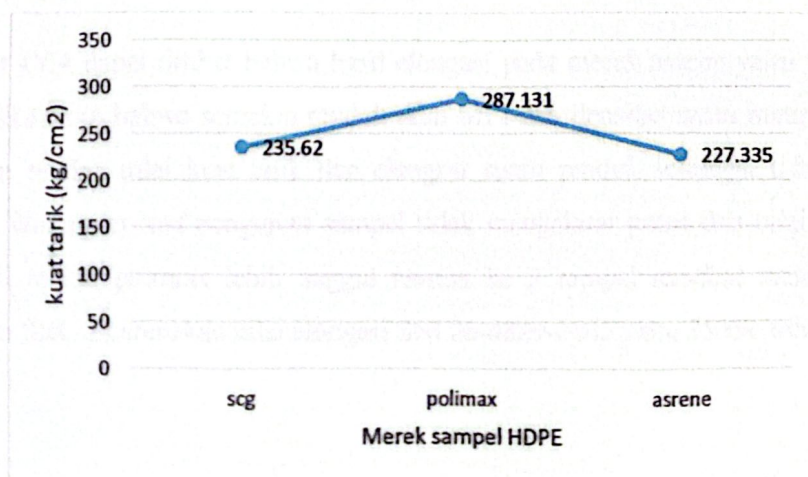
Gambar IV. 2 Perbandingan nilai *melt volume rate* dari tiga merek HDPE

Pada pengujian ini dijelaskan bahwa salah satu yang dibutuhkan untuk mengontrol kualitas termoplastik dapat ditentukan dari *volume* dan laju aliran massa. Untuk memastikan kualitas produk, industri yang menggunakan bahan termoplastik perlu mengontrol *volume* dan laju aliran massa.

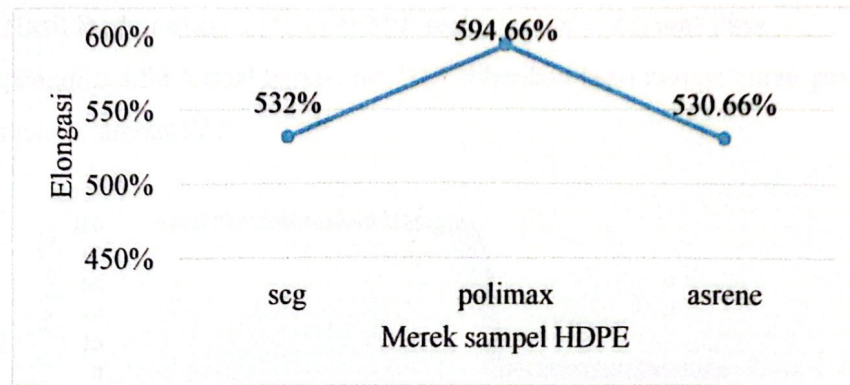
Pada Gambar IV.1 dan Gambar IV.2 terlihat bahwa sampel HDPE merek scg memiliki nilai MFR dan MVR yang tertinggi, sedangkan sampel HDPE merek asrene merupakan sampel yang memiliki nilai MFR dan MVR terendah. Hal ini dapat dikatakan bahwa nilai MFR dan nilai MVR berbanding lurus. Semakin tinggi nilai MFR dan MVR maka material akan semakin encer sehingga energi yang dibutuhkan semakin kecil pada temperatur proses yang sama, sampel HDPE merek asrene memiliki nilai MFR dan MVR terendah sehingga membutuhkan energi yang cukup besar pada saat pemrosesan, sedangkan sampel HDPE merek scg dan polimax membutuhkan energi yang kecil saat pemrosesan, hal ini sesuai dengan penelitian Mehrdad dkk., (2011) pengujian HDPE dengan nilai MFI 0,2 sampai 11,4 g/10min. Selain itu pengujian MFI berpengaruh dengan densitas material yaitu semakin tinggi massa jenis suatu benda maka semakin besar pula massa setiap volumenya, dengan densitas terbesar yaitu HDPE merek scg sebesar $0,92 \text{ g/cm}^3$.

IV.2 Hasil Perbandingan Resin HDPE terhadap Sifat Mekanis Pipa

Pengujian ini berupa pengujian UTM, bertujuan untuk mengetahui karakteristik sifat mekanis yaitu kuat tarik dan elongasi dari tiga merek HDPE yaitu asrene, scg, dan polimax. Sifat mekanik dipengaruhi oleh besarnya jumlah komponen-komponen penyusunnya.



Gambar IV. 3 Perbandingan nilai kuat tarik dari tiga merek HDPE



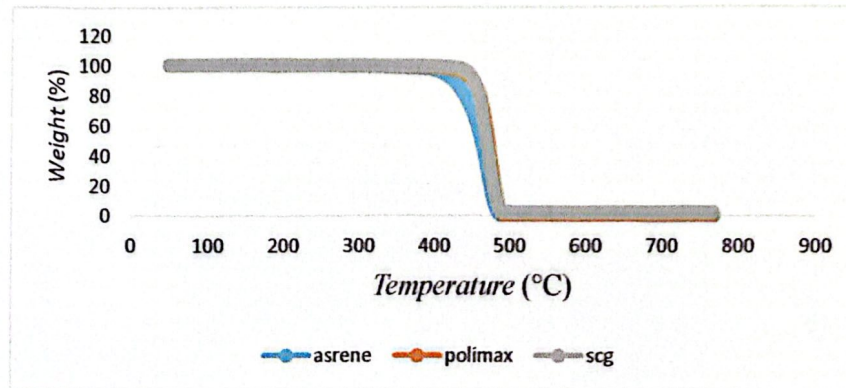
Gambar IV. 4 Perbandingan nilai elongasi dari tiga merek HDPE

Hasil pengujian UTM yang ditunjukkan pada Gambar IV.3, menyatakan bahwa nilai kekuatan tarik terbesar terdapat pada sampel merek polimax yaitu sebesar 287,131 kg/cm², pada sampel merek asrene memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 227,335 kg/cm², sedangkan pada sampel merek scg memiliki nilai kuat tarik tertinggi 235,620 kg/cm². Namun seharusnya nilai sampel merek scg yang lebih besar dari pada sampel merek polimax di karenakan nilai MFI merek scg yang lebih tinggi, hal ini mungkin dikarenakan saat proses ekstrusi kurang maksimal di mana energi yang dipakai untuk sampel merek polimax terlalu besar. Namun berdasarkan hasil pengujian, kedua sampel ini masih masuk ke dalam SNI 06-4829-2005 yaitu 200 kg/cm² (minimum).

Gambar IV.4 dapat dilihat bahwa hasil elongasi pada merek asrene yaitu 530,66%, dapat dikatakan bahwa semakin rendah nilai MFI dan densitas suatu material maka semakin rendah nilai kuat tarik dan elongasi suatu produk sehingga tidak terlalu elastis. Walaupun saat pengujian sampel tidak mengalami putus dan nilai rata rata elongasi merek polimax lebih unggul namun ke 3 sampel tersebut masih masuk kedalam SNI, dikarenakan nilai elongasi SNI 06-4829-2005 yaitu 350% (minimum).

IV.3 Hasil Perbandingan Resin HDPE terhadap Sifat Termal Pipa

Hasil pengujian sifat termal berupa uji TGA diberikan hasil berupa kurva yang dapat dilihat pada Gambar IV.5.



Gambar IV. 5 Nilai *thermogravimetric analysis* dari tiga merek HDPE

Berdasarkan Gambar IV.5, maka suhu terdekomposisi dapat dilihat pada Tabel IV.1.

Tabel IV. 1 Hasil pengujian *thermogravimetric analysis (TGA)*

Sampel HDPE	Suhu Dekomposisi		Residu (mg)	ΔT (□)
	Awal (□)	Akhir (□)		
polimax	457,73	485,00	0,142	27,27□
asrene	444,46	481,50	0,108	37,04□
scg	455,76	483,45	0,441	27,69□

Hasil pengujian sampel polimax dapat dilihat pada Gambar IV.5 sampel mulai terdekomposisi pada suhu *onset* yaitu 457,73□ dan terdekomposisi sempurna pada suhu 485□ dengan residu yang tersisa 0,142mg, pada sampel asrene menunjukkan adanya sifat ketahanan termal lebih baik, suhu terdekomposisinya meningkat dari sebelumnya dan terdekomposisi sempurna pada 481,50□, sampel scg tidak terlihat adanya perubahan signifikan pada awal terjadinya dekomposisi sekitar 455,76□ dan terdekomposisi sempurna pada 483,45□ dengan residu 0,441mg. Pada Tabel IV.1 menunjukkan besaran perbedaan suhu dekomposisi masing masing sampel dan jumlah residu yang dihasilkan, terlihat bahwa sampel asrene menghasilkan jumlah residu yang paling kecil, hal ini menandakan bahwa material tersebut paling sedikit memiliki zat pengotor yang tertinggal dan perbedaan suhu ΔT paling besar juga

dimiliki sampel asrene, hal ini berbanding lurus dengan perbedaan suhu terdekomposisi.

BAB V PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Merek resin HDPE yang paling baik dari tiga merek resin HDPE terhadap laju alir leleh yaitu resin HDPE merek scg dengan nilai MFR dan MVR tertinggi.
2. Perbandingan merek resin HDPE terhadap sifat mekanis yaitu polimax > scg > asrene, dapat dikatakan bahwa polimax memiliki sifat mekanis paling baik namun hal ini berbanding terbalik dengan nilai laju alir leleh, untuk perbandingan merek resin HDPE terhadap sifat termal yang memiliki sifat ketahanan termal lebih baik yaitu merek asrene.

V.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat dilakukan penurunan suhu operasi pada penggunaan material HDPE merek asrene sehingga energi yang dibutuhkan untuk memanaskan ekstruder tidak terlalu besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, A. P., Ainul, G., dan Gusti, N. P. (2016): Evaluasi jaringan perpipaan transmisi air baku di kabupaten Karangasem, *Jurnal Mettek*, 2, 93-101.
- Akbar, F., Zulisma, A., dan Hamidah, H. (2013): Pengaruh waktu simpan film plastik biodegradasi dari pati kulit singkong terhadap sifat mekanikalnya, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2,2-8.
- ASTM D1238 dan ISO 1133. (2013): Pengukuran melt flow rate (MFR)/melt volume rate (MVR) dengan metoda ekstrusi plastometer.
- Careda, M. (2007): Characterization of edible films of cassava starch by electron microscopy, *Journal Food Technology*, 91-95.
- Carraher, dan Charles, E, Jr. (2003): *Polymer chemistry 6th edition, revised and expanded*, Florida, 34-36.
- Cayadi, D. (2010): Analisis parameter operasi pada proses plastik injection molding untuk pengendalian cacat produk, *Jurnal Sintek*, 8, 2-9.
- Darojat, I. S. (2008): Analisa pengaruh waktu, *Jurnal Teknik Metalurgi dan Material*, 4, 78-84.
- Devi, K, H. (2011): Simbol untuk menunjang sistem informasi desain kemasan makanan dan minuman plastik, *Jurnal Desain Komunikasi*, 2, 33-39.
- Firmandini, D. (2007): Fenomena transverse welding pada proses ekstrusi alumunium, *Jurnal Teknik Mesin*, 3, 55-63.
- Ginting, E, M. (2016): Monograf sifat mekanis nano komposit termoplastik HDPE dengan beberapa bahan pengisi, Universitas Negri Medan, 47-53.
- Groves, I, F., dan Whitehouse, R, S. (1993): Characterisation of polymer masterbatches by modern thermal methods of analysis, *Journal of Thermal Analysis*, 40, 587-596.
- Maier., Clive., dan Calafut, T. (1998): *Polypropylene, The Definitive User's Guide and Databook*. Norwich: Plastics Design Library. 27-221
- Mehrdad, S, A, A., Nekoomanesh, M, H., dan Hamid, Y. (2011): Effect of the melt flow index and melt flow rate on the thermal degradation kinetics of commercial polyolefins, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 112, 965-973
- Moseley, J, M., David, C., Mille, M, D., Kempe., and Sarah, R, K. (2011): *Use of Melt Flow Rate Test in Reliability Study of Thermoplastic Encapsulation Materials in Photovoltaic Modules*. Colorado School of Mines; National Renewable Energy Laboratory, 2-21.
- Mujiarto, I. (2005): Sifat dan karakteristik material plastik dan bahan aditif, *Jurnal Traksi*, 3,65-73.
- Nurminah, M. (2002): Penelitian sifat berbagai bahan kemasan plastik dan kertas serta pengaruhnya terhadap bahan yang dikemas, *Jurnal Teknologi Pertanian USU*,
- Peacock, A. (2000): *Handbook of Polyethylene Structures, properties, and Application chapter 3*. Marcel Dekker, Inc, 123-130

- PT. Intera Lestari Polimer. (2019): Tabel *Grade Masterbatch* dan Kelebihannya. PT. Intera Lestari Polimer.
- PT. Lotte Chemical Titan. (2015): *General and Mechanical Properties of HDPE*. PT. Lotte Chemical Titan
- Rivard, C., Moens, L., Roberts, K., Brigham, J., and Kelley, S. (1995): *Starch esters as biodegradable plastics: Effects of ester group chain length and degree of substitution on anaerobic biodegradation*. *Enzyme Microb Tech*, 17, 848-852.
- Setiabudi, A., Hardian, R., dan Muzakir, A. (2012): Karakterisasi material: prinsip dan aplikasinya dalam penelitian kimia, Universitas Pendidikan Indonesia, 6-26.
- Silva, M, A., Bierhalz, A, C, K., and Kieckbusch, T, G. (2009): Alginate and Pectin Composite Films Crosslinked with Ca^{2+} ions: *Effect of The Plasticizer Concentration*, *Carbohyd. Polym.*, 77,736-742.
- Sinaga, P, B. (2015): Pembuatan dan karakterisasi polimer matriks komposit berbasis lateks pekat silika sekam padi, *Jurnal Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 7, 45-53.
- Standar Nasional Indonesia. (2015): Sistem perpipaan plastik-pipa polietilen (PE) dan fitting untuk sistem penyediaan air minum. SNI 4829.2.
- Standar Nasional Indonesia. (2005): Pipa olietilen (PE) air bertekanan. SNI 06-4829.
- Sulistioso, G, S., Ramadhani, D., Christina, M., dan Marnada, N. (2012): Pengaruh radiasi gamma terhadap sifat HDPE untuk tibial tray, *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 8, 73-82
- Weszka, J., dan Szindler, M. (2013): *Determining the melt flow index of polypropylene: Vistalon 404*, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 61, 308-314.
- Winarno, F, G. (1992): Kimia pangan dan gizi, Jakarta, 238-247
- Wiwik, P., Arie, L., dan Sudirman. (2012): Polimer nanokomposit sebagai *masterbatch* polimer biodegradable untuk kemasan makanan, *Jurnal Riset Industri*, 4, 51-60.
- Yatim, L, N., Lukman, A., dan Hendro, J. (2009): *Synthesis and Characterization of HDPE Plastic Film for Herbicide Container Using Fly Ash Class F as Filler*, 9, 348-354.

LAMPIRAN A Lembar Bimbingan Tugas Akhir

Nama : Nurbaeti
NIM : 1516055
Judul Tugas Akhir : Perbandingan penggunaan resin *High Density Polyethylene* (HDPE) terhadap laju alir lelehan, sifat termal dan mekanis pipa pralon.
Pembimbing I : Fitria Ika Aryanti, S.T, M.Eng
Pembimbing II : Ella Melyna S.T., M.T

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
08-09-2019	-	Pengajuan TA dengan judul 1 membahas penggunaan bahan yang akan digunakan untuk penelitian (ketersediaan dan karakteristik bahan yang akan digunakan), alat pengujian yang akan digunakan	
13-01-2020	-	Perubahan judul TA dengan tempat penelitian yang dilakukan di PT Pralon dan di kampus. Di PT Pralon dilakukan pengujian MFI dan UTM (sampel pipa) sedangkan di kampus dilakukan pengujian TGA.	
21-01-2020	I	Revisi proposal yang typo, revisi proses penelitian, revisi rumusan masalah dan batasan masalah, revisi latar belakang (referensi yang masih kurang), penulisan abstrak	
05-02-2020	I-III	Revisi pemakaian footnote, revisi tabel sifat mekanis, revisi metodologi penelitian revisi diagram alir, sistematika penulisan, abstrak yang masih bertele-tele, revisi variabel bebas.	

06-02-2020	I-III	Revisi abstrak yang masih rancu, penulisan berbentuk paragraf atau menjorok kedalam, spasi pada tebal, penulisan yang harusnya bercetak miring, penggunaan kata hubung diawal paragraf, daftar pustaka	
13-02-2020	I-III	Revisi abstrak, latar belakang yang masih kurang referensi, tanda tangan proposal TA sementara untuk diajukan ke PT. Pralon namun dalam catatan revisi.	
10-03-2020		Melaporkan hasil pengujian yang dilakukan di PT. Pralon berupa hasil pengujian MFI yang dilakukan pada 3 sampel serta hasil pengujian UTM pada sampel pipa, revisi melakukan pengujian ulang untuk uji UTM.	
30-03-2020	II-IV	Bimbingan via email mengenai: revisi typo dalam penulisan, gambar yang harus ditambahkan pada tinjauan pustaka, pembahasan yang masih kurang	
15-04-2020	II-IV	Bimbingan via zoom mengenai: jurnal HDPE yang masih belum terlihat, pengujian TGA yang harus dipelajari, variabel tetap yang harus ditambahkan beban piston pengujian MFI	
18-05-2020	-	Bimbingan via zoom membahas: ppt seminar (manfaat penelitian, batasan masalah, proses ekstrusi, pengujian termal, standar pipa), revisi laporan	

LAMPIRAN B Lembar Surat Tugas Dosen Pembimbing I



BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI

POLITEKNIK STMI JAKARTA

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp. (021)42886064 Fax.(021)42888206

Nomor : B/771/BPSDM/STM/PPA/2020 Jakarta, 11 Juni 2020
Lampiran : 1 (satu)
Hal : Penugasan Proses Bimbingan Tugas Akhir Tahun Akademik 2019/2020

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

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/BPSDM/STM/KEP/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 : Nurbaeti
No. Induk : 1516055

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

* PENGARUH LAJU ALIR HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) TERHADAP SIFAT TERMAL DAN MEKANIS PRODUK PIPA PRALON *

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

Direktur, f.

Mustafa

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



LAMPIRAN C Lembar Surat Tugas Dosen Pembimbing II



BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI

POLITEKNIK STMI JAKARTA

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206

Nomor : 772 /BPSDM/STMI/W/2020
Lampiran : 1 (satu)
Perihal : Asistensi Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2019/2020

Jakarta, 11 Juni 2020

Yth. Ibu Ella Melyna, ST, MT
Di Jakarta


Berdasarkan Surat Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta No: 01/BPSDM/STMI/KEP/W/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 berharap bantuan Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Nurbaeti
No. Induk : 1516055

Adapun judul Tugas Akhir mahasiswa tersebut adalah:

*** PENGARUH LAJU ALIR HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) TERHADAP SIFAT TERMAL DAN MEKANIS PRODUK PIPA PRALON ***

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

Direktur,

Mustofa

Tembusan:
1. Puotr 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Dosen Pembimbing;
4. Mahasiswa yang bersangkutan;



LAMPIRAN D Hasil Pengujian

Tabel hasil pengujian MFI

Sampel	Pengujian	Nilai MFR (g/10 min)	Nilai MVR (cm ³ /10 min)	Densitas (g/cm ³)
SCG	1	0,24	0,26	0,92
	2	0,24	0,263	
	3	0,25	0,27	
Rata-Rata		0,243	0,264	
POLIMAX	1	0,21	0,234	0,917
	2	0,18	0,197	
	3	0,18	0,191	
Rata-Rata		0,19	0,207	
ASRENE	1	0,18	0,194	0,897
	2	0,18	0,159	
	3	0,14	0,205	
Rata-Rata		0,167	0,186	

Tabel hasil pengujian UTM

Sampel	Pengujian	Kekuatan Tarik (kg/cm ²)	Elongasi (%)	SNI 06-4829-2005
POLIMAX	1	279,698	564	Minimum 200 kg/cm ² dan 350% (memenuhi standar)
	2	283,874	620	
	3	297,822	600	
Rata Rata		287,131	594,66	
ASRENE	1	212,879	544	Minimum 200 kg/cm ² dan 350% (memenuhi standar)
	2	214,175	522	
	3	254,952	526	
Rata Rata		227,335	530,66	
SCG	1	221,482	516	Minimum 200 kg/cm ² dan 350% (memenuhi standar)
	2	235,160	530	
	3	250,220	550	
Rata Rata		235,620	532	