

TUGAS AKHIR

PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP LAJU ALIRAN PLASTIK PADA MESIN EXTRUDER

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MUHAMMAD NAZRUL AZHARI BARUS
1507230171



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Nazrul Azhari Barus
Tempat /Tanggal Lahir : Marindal /24 Mey 1997
NPM : 1507230171
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Aliran Plastik Pada Mesin Extruder”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 08 April 2021



Saya yang menyatakan,

Muhammad Nazrul Azhari Barus

ABSTRAK

Sampah plastik merupakan limbah yang bisa diolah menjadi barang yang memiliki nilai ekonomis tinggi jika diolah dengan baik. Salah satu cara untuk pemanfaatan sampah plastik itu dengan melelehkan plastik untuk nantinya bisa didaur ulang menjadi plastik produk baru. Sampah plastik itu nanti bisa didaur ulang dengan alat pemanas yang ramah lingkungan yaitu dengan menggunakan mesin ekstruder plastik, salah satu komponen mesin ekstruder plastik ialah *screw* berada pada tabung *barrel* yang dibungkus dengan elemen pemanas atau *heater band*. Tujuan penulisan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap laju aliran tabung *barrel* pada mesin Extruder dengan panas *heater* 150 °C, sampai dengan temperatur 300 °C dengan cara melakukan penelitian terhadap mesin *extruder* plastik. Proses penelitian dalam waktu 1 menit . Dari hasil Penelitian yang didapat diketahui bahwa suhu 150 °C hanya dapat menghasilkan 1 gr hasil produksi setiap 1 menitnya, dan pada suhu 300 °C dapat menghasilkan hasil produksi 26 gr hasil produksi setiap 1 menitnya . Jadi selisih suhu tertinggi barrel dengan suhu tertinggi aliran begitu jauh. Juga dapat disimpulkan pada penelitian ini semakin tinggi suhu yang di setting pada mesin ekstruder plastik semakin besar hasil produksi yang di hasilkan.

Kata kunci: Extruder, Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Aliran

ABSTRACT

Plastic waste is waste that can be processed into goods that have high economic value if processed properly. One of the ways to use plastic waste is by melting the plastic so that it can later be recycled into new plastic products. Plastic waste which can later be recycled with an environmentally friendly heating device, namely by using a plastic extruder machine, one of the components of the plastic extruder machine, including screws located in the barrel tube wrapped with heating elements or heating tape. The purpose of this study was to see the effect of temperature on the capacity of the barrel tube on an extruder machine with a hot heater of 150 ° C, up to a temperature of 300 ° C by conducting research on a plastic extruder machine. The research process takes 1 minute. From the research results, it is known that a temperature of 150 ° C can only produce 1 gram of production every 1 minute, and at a temperature of 300 ° C it can produce 26 grams of production every 1 minute. So the difference between the highest temperature of the barrel and the highest temperature of the flow is so far. It can also be concluded in this study that the higher the temperature set on the plastic extruder machine, the greater the production results produced.

Keywords: Extruder, Effect of Temperature on Flow Rate

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Aliran Plastik Pada Mesin Extruder” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak H. Muharnif M, S.T.,M.Sc, selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Khairul Umurani S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak M. Yani S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi, S.T.,M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansyuri Siregar ST, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik,

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesin kepada penulis.
8. Orang tua penulis: Esron Antony B dan Kurma Hayati, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Setiawan Hadi, riska nadila, gifari yujan, Andri Kurniawan dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik Mesin.

Medan, 29 April 2021



Muhammad Nazrul Azhari Barus

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBA	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Laju Aliran Perpindahan Panas	3
2.1.1. Proses laju aliran Perpindahan panas	3
2.1.2. Kalor	3
2.1.3. Perpindahan Panas Secara Konduksi	3
2.1.4. Perpindahan Panas Secara Konveksi	4
2.1.4.1 Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi	5
2.1.5 Perpindahan Panas Secara Radiasi	6
2.2. Extrusi	6
2.3. Prinsip Ekstrusion	7
2.3.1 Komponen Mesin Extruder	8
2.4. Jenis-Jenis Extrusion	12
2.4.1 Direct Extrusion	12
2.5. Sistem Induction Heater	13
2.5.1 Induction Heater	13
2.5.2 Rangkaian Induction heater	14
2.5.3 Prinsip kerja induction heater SAVERO	15
2.5.4 Keuntungan Penggunaan Induction Heater Dibandingkan Dengan Heater Konvensional	18
2.6. Bahan baku yang digunakan	18
2.6.1 Pelet biji plastik Polyethylene terephthalate (PET)	19
2.6.2 Proses dengan material polyethylene Terephthalate (PET)	19
2.7. Pengertian Temperatur <i>band Heater</i>	20
2.7.1 Pengertian Kapasitas Produksi	20
2.8. Tenggangan Geser, Laju Geser, dan viskositas	21

BAB 3 METODE PENELITIAN	23
3.1 Tempat dan Waktu	23
3.1.1 Tempat	23
3.1.2 Waktu	23
3.2 Bahan dan Alat	23
3.2.1. Bahan	23
3.2.2. Set Up Alat Uji Mesin Etruder Plastik	24
3.2.2.1 Elemen Pemanas (Heater Element)	25
3.2.2.2 Barrel dan Screw	26
3.2.2.3 Stopwacth	26
3.2.2.4 Timbangan	26
3.2.2.5 Thermogun	27
3.2.2.6 Kontroler suhu (Thermostart)	27
3.2.2.7 kabel	28
3.2.2.8 Sensor Suhu	28
3.2.2.9 Nozle	28
3.2.2.10 Timbangan	28
3.3 Diagram Alir Penelitian	29
3.3.1 Penjelasan Diagram Alir Penelitian	30
3.3.2 Prosedur Pengujian	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Hasil Pengujian	35
4.1.1 Data Hasil Pengujian Mesin Extruder Plastik	35
4.2 Perhitungan dan Pengolahan data	39
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	. 43
LAMPIRAN	47
LEMBAR ASISTENSI	. 48
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	. 49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Konduktivitas termal berbagai bahan (W.f.Stoecker,1992)	4
Tabel 2.2	temperatur leleh material (Sumber: novri-ariyanto /2009)	6
Tabel 2.3	Perbandingan penggunaan heater konvensional dengan induction heater	17
Tabel 2.4	Typical polyethylene sheet characteristics	19
Tabel 3.1	Jadwal dan Kegiatan Melakukan Penelitian	22
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian Temperatur Ekstrusion	37
Tabel 4.2	Data Hasil Perhitungan Laju Aliran	40
Tabel 4.3	Data Hasil Perhitungan Laju Perpindahan Panas	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Komponen Mesin Extruder	7
Gambar 2.2	Screw	8
Gambar 2.3	Screw PE	9
Gambar 2.4	screw 2 ulir	9
Gambar 2.5	Proses Direct Extrusion	11
Gambar 2.6	Sistem Induction Heater	12
Gambar 2.7	Lilitan Penginduksi	13
Gambar 2.8	Barrel Screw	14
Gambar 2.9	Arus Eddy Pada Permukaan Bahan	15
Gambar 2.10	Pengaruh Frekuensi Pada Pemanasan Induksi	16
Gambar 2.11	Pemanasan Screw Menggunakan Induction Heater	16
Gambar 3.1	Biji Plastik Jenis PE	23
Gambar 3.2	Set Up Alat Uji Mesin Extruder Plastik	23
Gambar 3.3	Elemen Pemanas (heater element)	24
Gambar 3.4	Screw dan Barrel	25
Gambar 3.5	Stopwatch	25
Gambar 3.6	Timbangan Elektrik	26
Gambar 3.7	Thermogun	26
Gambar 3.8	Kontroler Suhu (Thermostat)	27
Gambar 3.9	Kabel	27
Gambar 3.10	sensor suhu	27
Gambar 3.11	Nozle	28
Gambar 3.12	Tampungan	28
Gambar 3.13	Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3.14	Proses Menghidupkan Mesin	31
Gambar 3.15	Mengatur Suhu Pada Mesin Extruder	31
Gambar 3.16	Memasukkan Biji Plastik Kedalam Hopper	32
Gambar 3.17	Menghidupkan screw	32
Gambar 3.18	Menampung Hasil Produksi	33
Gambar 3.19	Proses Penimbangan Hasil Pengujian	33
Gambar 3.20	Proses Penimbangan Sisa Hasil pengujian Biji Plastik Pada Hopper	34
Gambar 4.1	Hasil Penelitian dari Temperatur 150 °C dan Berat Extrusion	35
Gambar 4.2	Hasil Penelitian dari Temperatur 200 °C dan Berat Extrusion	36
Gambar 4.3	Hasil Penelitian dari Temperatur 250 °C dan Berat Extrusion	36
Gambar 4.4	Hasil Penelitian dari Temperatur 300 °C dan Berat Extrusion	37
Gambar 4.5	Grafik Perbandingan Temperatur Terhadap Hasil Extrusion	38
Gambar 4.6	Grafik Pengaruh Temperatur Terhadap Sisa Bahan	39
Gambar 4.7	Grafik Hasil Perhitungan Laju Aliran	40
Gambar 4.8	Grafik hasil Perhitungan Perpindahan Panas	41

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
Q	Laju Perpindahan Kalor	(Joule)
Qmaks	Laju perpindahan panas yang mungkin terjadi	(Joule)
Qaktual	Laju perpindahan kalor aktual	(Joule)
K	Konduktivitas <i>Thermal</i>	(W/M.K)
h_c	koefisien Perpindahan Panas Konveksi	($W/m^2.K$)
T	Suhu Mutlak	(Kelvin)
d_i	Diameter Dalam	(mm)
d_o	Diameter Luar	(mm)
D_H	Diameter Heater	(mm)
L	Panjang	(m)
T_{ai}	Temperatur Awal Air	($^{\circ}C$)
T_{ao}	Temperatur Akhir Air	($^{\circ}C$)
ΔT_{air}	Suhu Rata-rata Air	($^{\circ}C$)
T_{ci}	Temperatur Masuk	($^{\circ}C$)
T_{co}	Temperatur Keluar	($^{\circ}C$)
Δt	Waktu Pemanasan	(Sekon)
W	Energy	(Joule)
M_{pls}	Massa Plastik	(Kg)
C_{pls}	Panas Jenis plastik	($kJ/kg.^{\circ}C$)
h_o	Koefisien Perpindahan Panas Sisi Luar Pipa	($W/m^2.^{\circ}C$)
Q_{coil}	Kapasitas Penukar Panas	(Watt)
\dot{m}	Laju Aliran Massa Liquid	(Kg/s)
Re	Bilangan Reynold	
μ	Viskositas Freon	(Kg/m.s)
D	AlatPenukar Kalor	(Cm)
Nu	Bilangan Nusselt	
P	Bilangan Prandalt	
K_h	Konduktivitas <i>Thermal</i> Tembaga	($w/m.^{\circ}C$)
h_i	Koefisien perpindahan sisi dalam pipa	($w/m.^{\circ}C$)
R_{heater}	<i>Resistensi thermal</i>	($^{\circ}C/w$)
K_h	Konduktivitas thermal tembaga	(385 $w/m.^{\circ}C$)
K_b	Konduktivitas thermal Baja	(50,5 $w/m.^{\circ}C$)
U	Koefisien perpindahan panas menyelurh	($w/m^2.^{\circ}C$)
Q	Laju perpindahan panas dari	(Watt)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah plastik merupakan limbah yang bisa diolah menjadi barang yang memiliki nilai ekonomis tinggi jika diolah dengan benar. Salah satunya adalah dengan cara dicacah terlebih dahulu dan membentuk pelet biji plastik. Ada banyak manfaat yang didapatkan dengan mencacah plastik dan membuat pelet biji plastik. Selain dapat meningkatkan nilai jual plastik, cacahan plastik dan pelet biji plastik juga dianggap lebih mudah dalam hal pengepakan dan pengiriman serta banyak dibutuhkan oleh pabrik-pabrik pengolahan plastik (Napitupulu, 2013). Hal ini dikarenakan cacahan dan pelet biji plastik dapat diolah menjadi berbagai macam benda yang bisa digunakan kembali dengan berbagai bentuk menggunakan mesin ekstruder plastik.

Ekstruder pada thermoplastik adalah alat untuk melakukan proses ekstrusi atau pembentukan dan cacahan plastik dengan menggunakan suhu tinggi untuk proses pelelehan dan dibentuk kembali dengan cetakan menjadi suatu bentuk tertentu (Amenan, 2018). Thermoplastik sendiri adalah polimer yang dapat diolah berulang kali dengan cara dipanaskan. Dalam proses ekstrusi ada beberapa tahap yang dilakukan yaitu dengan memasukkan biji ke dalam hopper tahap ini dilakukan agar biji plastik terdorong oleh screw ke dalam feeding zone yaitu tempat pemanasan dan pelelehan plastik. Proses pemanasan biji plastik di dalam barrel yang berperan sebagai feeding zone. setelah feeding zone, maka biji plastik akan di teruskan keluar barrel melalui nozle.

Pada penelitian ini akan memperhitungkan pengaruh temperatur terhadap laju aliran pada proses extrusion plastik dalam tabung *Barrel*, dengan menggunakan mesin *Extruder* plastik. dengan temperatur yang di variasikan Dengan panjang tabung *Barrel* 627 mm, tebal dinding *Barrel* 25,25 mm, diameter lubang dalam 39,5 mm. Panjang *screw* 840 mm dan jumlah *heater* yang digunakan 3 buah dengan temperatur maksimal 1000°C. Bahan yang digunakan pada proses penelitian ini pelet biji plastik jenis *polyethylene terephthalate (PET)*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah bagaimana pengaruh temperatur terhadap laju aliran plastik pada mesin *extruder* dengan temperatur yang di variasikan.

1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dari penelitian dan rancangan mesin pelastik extruder adalah:

1. Proses ekstrusi plastik menggunakan mesin *extruder* plastik.
2. 1 unit Mesin *Extruder* dengan single *Screw*, 3 kumparan dan menggunakan Motor listrik yang memiliki daya 1 HP.
3. Jenis plastik yang akan dileleh di dalam mesin extruder adalah berbentuk biji plastik atau cacahan jenis *polyethylene terephthalate (PET)*
4. Pengukuran yang terdapat pada pengujian meliputi temperatur yang di hasilkan heater dengan suhu 150°C, 200°C, 250°C, 300°C dan Menimbang hasil lelehan yang terjadi pada proses *extrusion* dari ujung *nozle* selama 1 menit.

1.4 Tujuan

Melalui penelitian ini di harapkan dapat di capai berbagai tujuan yaitu sebagai berikut :

1. Untuk membandingkan laju aliran pada setiap temperature yang di variasikan.
2. Untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap laju aliran mesin extruder plastik.

1.5 Manfaat

Penulis ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai pedoman untuk merencanakan rancangan mesin extruder (alat pelebur plastik)
2. Memberikan pengetahuan tentang sifat dan karakteristik daur ulang plastik dari mesin extruder
3. Memberikan informasi tentang daur ulang plastik dengan menggunakan mesin pelebur plastik (mesin extruder)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Laju Aliran Perpindahan Panas

2.1.1 Proses laju aliran Perpindahan panas

Pengukuran Aliran dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak dan baik kinerja mesin dalam dalam rentang waktu tertentu. Satuan yang digunakan dalam menghitung debit keluaran mesin ekstruder plastik ini adalah gram per menit ($\frac{v}{min}$). Hal ini dikarenakan penghitungan volumetrik sulit dilakukan karena profil filamen hasil yang tidak sepenuhnya uniform. Sehingga proses yang dilakukan adalah dengan mengukur berat filamen hasil yang diproduksi mesin filament ekstruder dalam selang waktu tertentu. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur waktu menggunakan stopwatch selama waktu yang diperoleh ketika mesin telah secara stabil beroperasi memproduksi filamen dan setelah waktu diperoleh produksi filamen diputus, sehingga filamen hasil yang akan diukur sudah memenuhi standar per satuan menit. Setelahnya, filamen hasil ditimbang menggunakan timbangan.

2.1.2 Kalor

Kalor adalah sesuatu yang dipindahkan diantar sebuah sistem dan sekelilingnya sebagai akibat dari hanya perbedaan temperatur. Konsep kalor adalah sebuah zat yang jumlah seluruhnya tetap konstan akhirnya tidak mendapat dukungan eksperimen. Nilai kalor jenis polyethylene terephthalate (PET) 3,472 j/kg setara dengan 0,83 kalori.

2.1.3 Perpindahan Panas Secara Konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi adalah proses perpindahan kalor dimana kalor mengalir dari tempat yang bertemperatur tinggi ketempat yang bertemperatur rendah dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung sehingga terjadi pertukaran energi dan momentum. (J.P. Holman,1994)

Laju perpindahan panas yang terjadi pada perpindahan panas konduksi adalah berbanding dengan gradien suhu normal sesuai dengan persamaan Persamaan dasar konduksi

Tabel 2.1. Konduktivitas termal berbagai bahan (W.f.Stoecker,1992)

Bahan	Suhu, °C	Rapat massa, kg/m ³	Daya hantar, w/m. ⁰ C
Alumunium (murni)	20	2707	204
Tembaga (murni)	20	8954	385
Bata luar (face brick)	20	2000	1,32
Kaca jendela	20	2700	0,78
Air	21	997	0,604
Kayu	23	640	0,147
Udara	22	1,177	0,026

2.1.4 Perpindahan Panas Secara Konveksi

Perpindahan kalor secara konveksi yaitu perpindahan panas dari suatu zat ke zat yang lain disertai dengan gerakan partikel atau zat tersebut secara fisik. Panas dipindahkan oleh molekul-molekul yang bergerak (mengalir). Oleh karena adanya dorongan bergerak. Disini kecepatan gerakan (aliran) memegang peranan sangat penting. Konveksi hanya terjadi pada fluida. Besarnya koefisien perpindahan panas bergantung pada: jenis fluida dan keadaan alirannya (tekanan, temperatur, dan kecepatan alirannya). (Thermodinamika Dasar Mesin Konversi Energi, 2015).

Jika suatu plat dibiarkan berada diudara sekitar tanpa ada sumber gerakan dari luar, maka udara itu akan bergerak sebagai akibat terjadinya gradien densitas di dekat plat. Peristiwa ini dinamakan konveksi alamiah atau konveksi bebas, untuk membedakannya dengan konveksi paksa yaitu apabila pada plat udara dihembuskan diatas plat itu dengan kipas.

Latent heat storage (LHS) atau penyimpanan panas laten didasarkan pada penyerapan panas ketika bahan penyimpanan mengalami perubahan fase dari padat ke cair atau cair ke cair. Jumlah panas yang dibutuhkan untuk mengubah material dari satu fasa ke fasa lainnya dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_c = m \cdot a_m \cdot \Delta h \cdot a_m$$

2.1.4.1 Koefisien perpindahan kalor konveksi

Dalam menentukan nilai dari koefisien perpindahan kalor konveksi perlu diperhatikan beberapa parameter tak berdimensi (dimensionless parameter) dimana:

- Sejumlah parameter dibutuhkan untuk menjelaskan perpindahan kalor

- Parameter tersebut dapat dikelompokkan bersama untuk membentuk suatu nilai parameter tak berdimensi.

Dalam hal ini, memberikan persamaan umum menjadi lebih sederhana dimana koefisien perpindahan kalor dapat dihitung. Adapun parameter tak berdimensi seperti bilangan Nusselt, dan bilangan Prandtl biasa digunakan dalam menentukan nilai dari koefisien perpindahan kalor.

2.1.5 Perpindahan Panas Secara Radiasi

Perpindahan kalor secara radiasi yaitu perpindahan panas tanpa melalui media. Suatu energi dapat dipindahkan dari satu tempat ketempat lainnya (dari benda panas ke benda dingin) dengan pancaran gelombang elektromagnetik dimana tenaga elektromagnetik ini akan berubah menjadi panas jika terserap oleh benda yang lain. Radiasi yang dipancarkan oleh suatu benda karena suhunya dinamakan radiasi termal. (J.P.Holman, 1988).

Pembahasan termodinamika menunjukkan bahwa radiator (penyinar) ideal, atau benda hitam (*blackbody*), memancarkan energi dengan laju yang sebanding dengan pangkat empat suhu absolut benda itu dan berbanding langsung dengan luas permukaan.

Dimana q ialah konstanta proporsional dan disebut konstanta stefan boltzman dengan nilai $5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$. Persamaan diatas disebut hukum stefan boltzman tentang radiasi thermal, dan berlaku hanya untuk benda hitam. Perlu dicatat bahwa persamaan diatas hanya berlaku untuk radiasi thermal saja, radiasi elektromagnetik lain tidaklah sesederhana itu.

2.2 Extrusi

Extrusi merupakan suatu proses perubahan material dari bentuk pelet *polyethylene terephthalate (PET)* diextrusi (perubahan dari bentuk padat menjadi cair) proses perubahan ini melalui berbagai tahapan tahapan panas, tahapan tahapan panas tersebut antara lain sebagai berikut:

- Material tersebut setelah berada di hopper material tersebut jatuh menuju kedalam *screw*, tepatnya jatuh kedalam *feeding zone*. Daerah *feeding zone* ini mempunyai daerah yang terdalam. Didalam daerah ini material tersebut mengalami pemanasan.

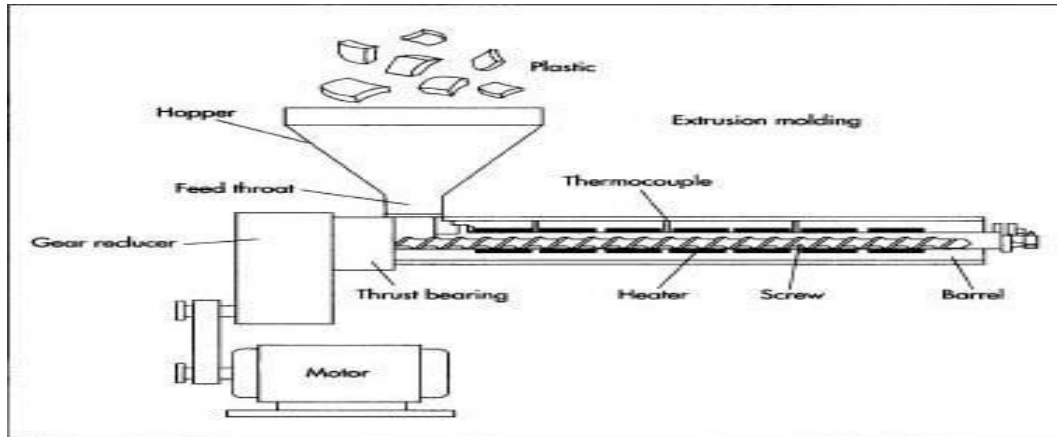
- Setelah mengalami pemanasan di daerah feeding zone lalu material tersebut masuk kedalam *compression zone*, didalam daerah ini selain material mengalami proses pemanasan juga material tersebut mengalami compresi sampai material itu meleleh, dan pada daerah ini juga berfungsi untuk mendorong balik udara yang ikutkembali kebagian umpan (feeding zone).
- Setelah mengalami proses *compresi* pada daerah *compression zone* kemudian material itu bergerak menuju *matering zone*. Pada proses ini untuk material sendiri.
- Mempunyai daerah yang berlekuk saluran dangkal, fungsi dari saluran ini adalah memberikan tekanan balik sehingga lelehan menjadi seragam, suhu seragam, selain itu pengukuranpenyalurannya tepat melewati die dengan laju alir tetap sehingga keluaran sangat seragam dan terkontrol.
- Proses pemanasan yang terakhir yang dialami oleh material ini adalah pada daerah sekitar neck dan die biasanya pada daerah ini pemanasan yang digunakan lebih besar dari pemanasan yang sebelumnya.

Proses yang digunakan pada mesin extruder ini sesuai dengan material yang di pakai adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 temperatur leleh material (Sumber: novri-ariyanto /2009)

Polymer	Extruding Temperatur Range (°C)	Injection Molding Temperature Range (°C)
Polyethylene terephthalate (PET)	120°-150°	140°-160°
High Density Polythylene	130°-160°	140°-160°
Polypropylene	160°-190°	160°-200°
Polylactic acid	170°-200°	160°-190°
High impact polystyrene	170°-250°	170°-250°
Acrylonitrile butadiene styrene	210°-250°	210°-250°

2.3 Prinsip Extrusion



Gambar 2.1 Komponen Mesin Extruder

Prinsip ekstrusi pada thermo plastik adalah proses pada material sampai mencapai meleleh akibat panas dari luar / panas gesekan dan yang kemudian dialirkan ke die oleh screw yang kemudian dibuat produk sesuai bentuk yang diinginkan. Proses ekstrusi adalah proses kontinyu yang menghasilkan beberapa produk seperti film plastik, talirafia, pipa, peletan, lembaran plastic, fiber, filament, selubung kabel dan beberapa produk dapat juga dibentuk.

2.3.1 Komponen mesin extruder

Mesin extruder adalah mesin yang terdiri dari Hopper, Barrel/screw dan Die.

1. Hopper

Semua extruder pasti mempunyai masukan untuk bahan biji/pellet plastik yang melalui lubang yang nantinya mengalir dalam dinding dinding extruder tersebut, hopper biasanya terbuat dari lembaran baja atau stainlesssteel yang berbentuk untuk menampung sejumlah bahan pellet plastik untuk stok beberapa jam pemrosesan.hopper ada yang di sediakan pemanas awal jika diperlukan proses pellet yang memerlukan pemanasan awal homogenisasi pada lelehan polimer tersebut. sebelum pellet memasuki extruder.

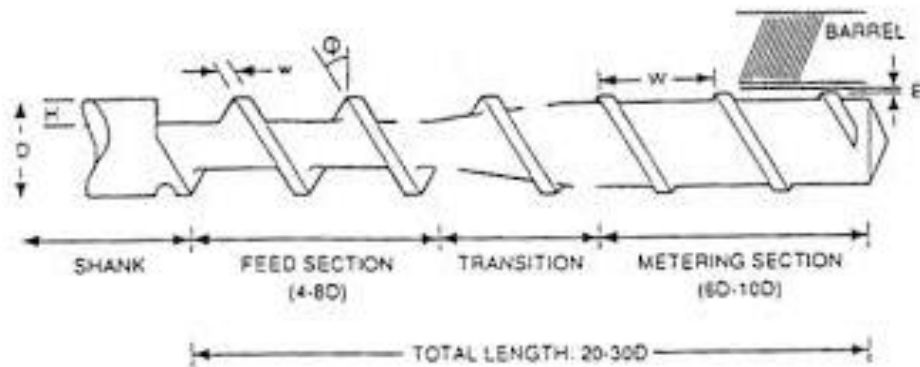
2. Barrel

Barrel adalah selongsong dari screw yang harus mampu menahan tekanan akibat gerakan screw dan bahan. Tekanan dalam barrel tidak diketahui secara pasti sehingga dibutuhkan nilai asumsi untuk

menentukan ketebalan dan jenis bahan dari barrel. Nilai asumsi bisa berdasarkan literatur maupun dari mesin ekstruder komersial yang memiliki bahan yang sama. Menurut Harper (1979) tekanan pada barrel di mesin ekstruder komersial bisa mencapai 17 MPa (2500 psi) tetapi juga bisa berbeda tergantung panjang screw dan bahan yang digunakan.

3. Screw

Screw adalah jantungnya extruder, screw mengalirkan polimer yang telah meleleh ke kepala die setelah mengalami proses pencampuran dan



Gambar 2.2 Screw (Sumber : novri-ariyanto /2009)

Ada beberapa pertimbangan dalam mendisain sebuah screw untuk jenis material tertentu, yang paling penting adalah depth of chanel (kedalaman kanal). Meskipun screw itu mempunyai fungsi secara umum, alangkah baiknya merancang sesuai dengan tipe material yang dipakai untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Jadi untuk contoh optimal proses screw bahan PVC, kemudian diikuti screw untuk bahan PP/PE.

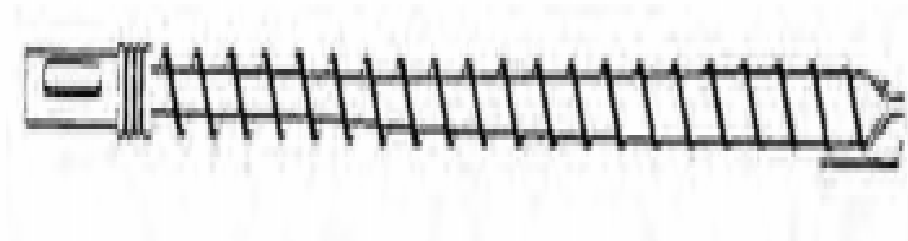
➤ Screw PVC

Karena kita ketahui PVC adalah material yang tidak stabil dalam keadaan panas, maka untuk proses ini memerlukan screw dengan kedalaman chanel yang lebih, sedikit bahkan tidak ada zona metering sama sekali, bahan dilapisi dengan hardchrom, ujung screw berbentuk krucut menghindari material tertahan. Diameter screw bervariasi antara 30mm sampai dengan 140mm. L/D rasio bervariasi antara 18 - 22 untuk singlescrew dan 16 - 18 untuk double/twin screw. kompresiscrew

bervariasi antara 1.5 - 2.2 : 1 baik untuk screwsingle maupun twin. Venting (lubang) pada extruder di pakai untuk menghilangkan uap/gas.

➤ Screw PP/PE

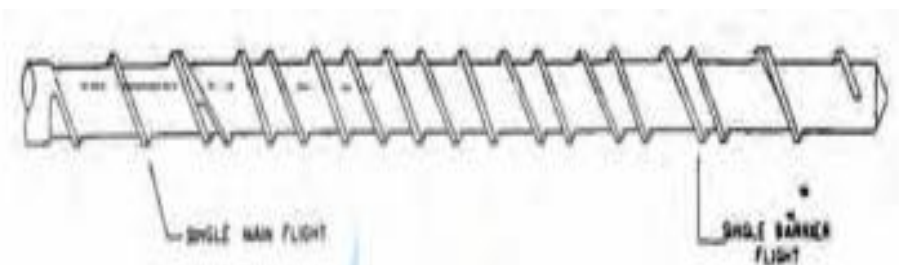
Screw PP/PE hampir sama, tetapi screw ini di disain dengan chanel yang dangkal, compresi tiba tiba dan zona matering yang lebih panjang. L/D rasio bervariasi 24 : 1 sampai dengan 33 : 1, diameter screws 20mm sampai dengan 250mm, kompresi rasio 2.5 sampai dengan 3.1



Gambar 2.3 screw PE Sumber : (novri-ariyanto /2009)

➤ Type Screw barrier (2 ulir)

Pada kasus kasus tertentu atau permintaan disain khusus, screw tidak dapat menyelesaikan proses leleh secara sempurna. Jadi dalam kasus tertentu extruder berisi material plastik yang belum leleh, ini dapat di cegah dengan membuat screw ulir kedua (barrier) pada kanal (lihat gambar). Barrier ini dapat memotong dan memaksa hanya plastik yang leleh bisa lewat. Jadi design barrier ini memastikan lelehan plastik komplit / selesai pada extruder



Gambar 2.4 screw 2 ulir Sumber : (novri-ariyanto /2009)

Ada beberapa jenis yang berbeda screw barrier yang ada dipasaran saat ini. Adalah seperti contoh dibawah dimana mempunyai karakteristik sendiri-sendiri.

1. Maillefer / uniroyal
2. Hartig

3. Bar Idanbar II

➤ Kepala Mixing

Daerah matering pada screw standar tidak mempunyai pencampuran yang baik. Aliran lapisan lapisan halus plastik berjalan secara tetap pada dalam screw. Sehingga jika ada lapisan yang tidak sama tidak akan bercampur dengan baik, kepala mixer dibuat pada screw agar dapat mencampur antar lapisan tersebut sehingga lebih merata dan homogen.

Pin mixer (dupon mixer) adalah sample mixer yang menggunakan pin dengan gesekan rendah, alat ini mudah di pasang pada screw yang ada untuk meningkatkan performance dari screw.

Tipe lain dari mixer adalah maddock(union carbide) dan egan, mixer jenis ini beroperasi pada lelehan material dengan gaya gesek tinggi sehingga dapat lebih sempurna pencampurannya. Mixermaddock cara kerja operasiseperti screw tipe barrier, putaranya mengakibatkan material bergerak maju dan tertekan sehingga membantu material lebih homogen.

➤ Breaker plat / Screen park (saringan)

Breaker plat dengan saringan dimasukkan kedalam adapter, yang mana menghubungkan antara ujung extruder dan pangkal die.

Peralatan ini mempunyai beberapa fungsi sebagai berikut:

- a. Meredam putaran rotasinal lelehan dan diubah menjadi searah.
- b. Memperbaiki homogenisasi dengan memecah menggabungkan lagi memperbaiki mixing dengan meningkatnyatekanan balik.
- c. Menghilangkan kotoran dan materil tidak leleh. Saringan dibuat beberapa lapis dan tiap lapis mempunyai perbedaan mesh, sringan paling kasar sebagai penopng diletakkan menghadap breakerplate kemudian ke yang paling halus terakhir.

➤ Dies

Variasi tipe dies digunakan digunakan untuk proses bahan PVC atau PP/PE. Ini bisa berbentuk flat atau model lingkaran. Tipe dies dapat dilihat sebagai berikut:

a. Dies PVC

PVC adalah bahan panas tidak stabil, maka die untuk PVC harus memiliki alur yang sempurna. Spiral mandrel pada die berguna untuk membagi lelehan merata dan membantu lebih homogen sehingga aliran lebih halus merata ke luar dies.

b. Dies PP/PE

Untuk memroses bahan PP/PE die menggunakan spiral seperti gambar. Plastik leleh mengalir dari lubang masuk ke putaran spiral pada die. Dari gambar tersebut ini jelas bahwa kedalaman antara spiral dan dinding bertambah seiring bertambahnya material dalam die sendiri, sebagai hasilnya penyebaran diseluruh die lebih merata sehingga mudah untuk di adjust-ketebalan dari tabung / balon.

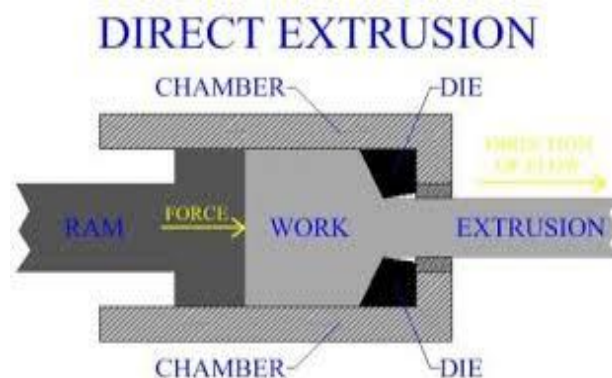
➤ Peralatan Tambahan

Ketika produk keluar dalam bentuk lelehan seperti sheet keluar dari dies ini didinginkan oleh air / udara / rol dingin dalam kemudiandipotong.

2.4 Jenis-Jenis Proses Extrusion

2.4.1 Direct Extrusion

Pada dasarnya proses ekstrusi ini menekan material yang akan dibentuk sampai keluar melalui die. Arah tumbukan searah dengan kedudukan die, jadi arah keluar material yang diekstrusi dari penampang seperti garis lurus.



Gambar 2.5 Proses Direct Extrusion Sumber : (singih kurniawan/2010)

Disini proses penekanan material dilakukan dengan perantara fluida cair. Disamping itu juga ekstrusi ini dapat mengurangi gesekan antara penumbuk dengan dinding penumbuk.

2.4.2 Lateral Extrusion

Ekstrusi dilakukan penumbuk terhadap material secara langsung, sehingga material yang akan dibentuk keluar melalui die. Arah ekstrusi yang dilakukan adalah tegak lurus dalam arti posisi penumbuk dengan die adalah tegak lurus. Pada mesin extruder proses ekstrusi dilakukan oleh screw double flight, dengan menggunakan temperatur tertentu dan kecepatan putar tertentu pula maka dapat dibuat material pelapis yang siap digunakan untuk melapisi plastik.

2.5 Sistem Induction Heater

2.5.1. Induction Heater

Pada induction heater, panas dihasilkan didalam material dan berasal dari pemanasan oleh material itu sendiri sehingga energi dapat digunakan secara maksimal untuk memanaskan material :

Secara teknis :

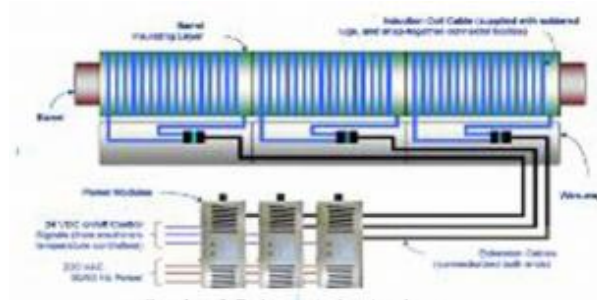
- Karena kerapatan energinya tinggi, pemanas induksi bisa berukuran kecil dan mampu melepaskan panas dalam waktu yang relatif singkat.
- Dengan induksi dimungkinkan untuk mencapai suhu yang sangat tinggi.
- Pemanasan dapat dilakukan pada lokasi tertentu.
- Sistem dapat dibuat bekerja secara otomatis.

Konsumsi energi :

- Pemanasan induksi secara umum memiliki efisiensi energi yang tinggi, namun hal ini juga bergantung pada karakteristik material yang dipanaskan.
- Rugi rugi pemanasan dapat ditekan seminimal mungkin.

2.5.2 Rangkaian Induction heater

Induction heater yang digunakan memiliki beberapa komponen utama yaitu : power modul, kumparan penginduksi dan barrel screw yang menjadi objek yang dipanaskan seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2.6 sistem induction heater

Komponen komponen ini akan di jelaskan secara terperinci sebagai berikut:

1. Power modul (modul daya)

Power modul ini menggunakan modul power merek SAVERO dengan supply 220 1 fasa power modul SAVERO menggunakan inverter guasy resonant frekuensi tinggi. Frekuensi tinggi digunakan untuk memicu 2 mosfet yang dipasang secara paralel untuk menyuplai kumparan penginduksi. Hal ini dikarenakan induction heaterakan bekerja secara optimal pada frekuensi tinggi sehingga membutuhkan sebuah power suplai khusus yang akan digunakan untuk menyuplai induction heater.

2. Kumparan induksi

Lilitan penginduksi digunakan untuk menginduksi objek atau benda yang ingin dipanaskan. Lilitan penginduksi ini harus mempunyai jumlah lilitan yang cukup agar medan magnetik yang dihasilkan dapat menginduksi benda kerja dengan baik, disamping itu juga diusahakan memiliki nilai induktansi yang sesuai dengan frekuensi resonansi yang diinginkan. Hal ini dikarenakan selain kumparan berfungsi untuk menginduksi benda kerja, kumparan ini juga digunakan sebagai indikato pada rangkaian resonant.



Gambar 2.7 lilitan penginduksi Sumber : (singgih kurniawan / 2010)

Prinsip kerja kumparan ini sama dengan sebuah trafo, dimana arus pada sisi primer dikalikan dengan rasio trafo, dimana pada arus sisi skunder sebanding dengan arus pada sisi primer dikalikan dengan rasio trafo.

3. Barrel Screw

Barrel screw merupakan salah satu komponen penting dari proses extrusion dan juga indication heater. Hal ini dikarenakan barrel screw merupakan tempat peleburan serbuk maupun pellet plastik. Dan barrel screw juga merupakan objek yang dipanaskan oleh induction heater.



Gambar 2.8 *barrel screw*

Sumber : (Singgih kurniawan /2010)

Bahan barrel screw terbuat dari baja murni yang tahan terhadap tekanan tinggi (20.000 psig)

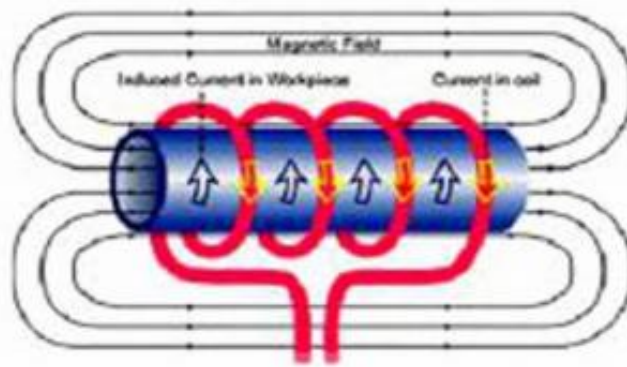
2.5.3 Prinsip kerja induction heater SAVERO

Induction heater berdasarkan pada prinsip induksi elektromagnetik. Tegangan AC 1 fasa dari sumber diserahkan untuk menyuplai peralatan heater.

Tegangan bolak balik yang memiliki frekuensi tinggi yang dibangkitkan dari power modul dengan frekuensi & 27 KHz. Frekuensi ini akan memicu mosfet untuk membangkitkan daya AC yang memiliki frekuensi tinggi. Daya AC frekuensi tinggi ini yang dikirimkan ke kumparan untuk menimbulkan fluks, besar kecilnya fluks yang dibangkitkan bergantung pada luas bidang kumparan induksi yang digunakan. Hal ini dikarenakan induction heater memanfaatkan rugi rugi yang terjadi pada kumparan penginduksi. Rugi rugi yang dimanfaatkan untuk memanaskan objek adalah sebagai berikut

1. Aruseddy

Arus eddy memiliki peranan yang paling dominan dalam proses pemanasan induksi. Panas yang dihasilkan pada material sangat bergantung kepada besarnya arus eddy yang diinduksikan oleh lilitan penginduksi. Ketika lilitan dialiri oleh arus bolak — balik, maka akan timbul medan magnet disekitar kawat penghantar. Medan magnet tersebut besarnya berubah — ubah sesuai dengan arus yang mengalir pada lilitan tersebut. Jika terdapat bahan konduktif disekitar medan magnet yang berubah — ubah tersebut, maka pada bahan konduktif tersebut akan mengalirkan arus yang disebut arus eddy.



Gambar 2.9 arus eddy pada permukaan bahan Sumber : (Singih kurniawan/2010)

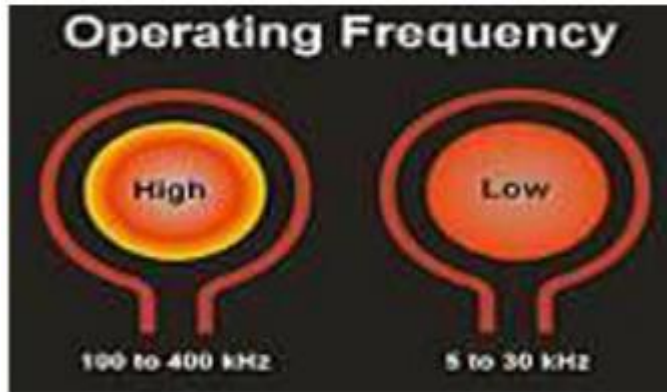
2. Rugi - rugi hysteresis

Rugi hysteresis juga mempunyai peran penting dalam pemanasan induksi. Namun hal ini hanya berlaku pada material yang bersifat ferromagnetik seperti besi. Untuk material diamagnetik seperti aluminium, pemanasan lebih didominasi oleh arus eddy. Rugi-rugi hysteresis adalah suatu energi untuk mengubah intensitas fluks dari induksi residu menjadi nol. Energi ini digunakan untuk mengatasi suatu hambatan dari intensitas fluks yang terjadi. Penggunaan energi ini akan menyebabkan panas yang juga dimanfaatkan untuk memanaskan benda kerja.

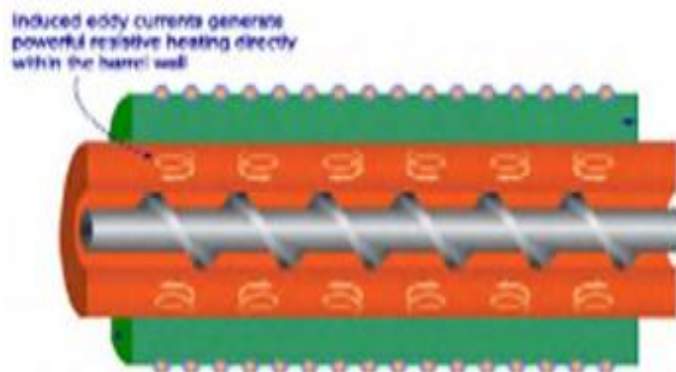
3. Efek kulit

Jika arus searah melewati sebuah konduktor, maka arus akan terdistribusi secara merata pada seluruh permukaan konduktor tersebut. Tetapi jika arus bolak-balik dialirkan melalui konduktor yang sama, arus tidak tersebar secara merata. Kerapatan arus paling besar selalu berada dipermukaan konduktor dan kerapatan arus ini akan semakin berkurang ketika mendekati pusat konduktor, hal ini disebut efektif kulit.

Semakin tinggi frekuensi yang diterapkan pada konduktor, maka semakin besar arus yang mengalir pada permukaan konduktor. Efek kulit ini menyebabkan energi panas yang dikonversi dari energi listrik terpusat pada permukaan material, sehingga permukaan material lebih cepat panas. Kedalaman pemanasan bisa diatur dengan memvariasikan frekuensi inverter. Kecepatan pemanasan akan semakin tinggi dengan mengkonsentrasikan arus pada bagian permukaan material.



Gambar 2.10 pengaruh frekuensi pada pemanasan induksi Sumber :
(Singih kurniawan/2010)



Gambar 2.11 pemanasan *screw* menggunakan induction heater
Sumber : (Singih kurniawan/2010)

Selama proses dalam screw suhu dijaga konstan pada suhu antara 225°C - 230°C. untuk menjaga suhu tetap konstan dilakukan dengan sistem on-off induction heater. Sistem ini bekerja dengan sensor suhu yang dipasang pada silinder heater. Sepanjang satu silinder heater terdapat 17 induction heater dengan 6 termokontrol, setiap termokontrol mengontrol 3 buah induktion heater savero.

2.5.4 Keuntungan penggunaan induction heater dibandingkan heater

Konvensional

Perbandingan penggunaan induction heater dibandingkan heater konvensional dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.3 Perbandingan penggunaan heater konvensional dengan induction heater

Heater konvensional	Induction heater
Memiliki efisiensi 30 — 70%	Memiliki efisiensi 95% rugi - rugi coil.
Panas harus dihubungkan sepanjang kontak resisten	Panas yang di hasilkan secara langsung didalam dinding barrel
Panas tidak dapat diterapkan secara keseluruhan barrel	Panas dapat diterapkan seragam diseluruh barrel
Operasi elemen pemanasan inersia termal pada sistem	Operasi didinding sehingga tidak memiliki batas waktu
Massa panas dijumlahkan dngen inersia termal pada sitem	Inersial termal pemanasan dapat di hilangkan
Waktu star up lama	Waktu start up cepat
Tidak menghemat energi	Hemat energi dan hasil lebih

2.6 Bahan baku yang digunakan

2.6.1 Pelet biji plastik polyethylene terephthaalate (PET)

Bahan Material yang di gunakan dalam memproduksi lelehan plastik adalah pelet biji plastik hasil recycle jenis Polyethylene terephthaalate (PET). Plastik adalah bahan elastik, tahan panas, mudah dibentuk lebih ringan dari kayu dan tidak karat oleh karena ada kelembaban. Juga dapat sebagai isolator dan dapat juga diwarnai dan kelemahan dari sifat plastik adalah tidak mudah di hancurkan.

Polyethilene terephthaalate adalah polimer dari ethilena yang merupakan plastik mirip lilin dapat terbuat dari resin sintetik dan digolongkan dalam termoplastik (plastik tahan panas). Polyethylene terephthaalate (PET) sendiri mempunyai daya tekan yang baik, tahan bahan kimia, kekuatan mekanik rendah, tahan kelembaban, sifat elastis tinggi, hantaran elektrik rendah. Berdasarkan kerapatannya polyethilene terbagi menjadi dua yaitu:

1. HDPE (high density polvethilene)

Biasanya digunakan untuk pembuatan botol air mineral dan juga selubung kabel atau isolator.

2. LDPE (low density polvethilene)

Biasanya digunakan untuk pembuatan kantong plastik.

2.6.2 Proses dengan Material Polyethylene terephthalate (PET)

Material ini adalah material yang paling mudah di ekstrusi, semua jenis screw bisa digunakan untuk proses dengan material PET, temperatur silinder di mesin ekstrusi biasanya antara 120°C sampai dengan 160°C sedangkan untuk bagian cross head temperaturnya antara 180°C sampai dengan 220°C.

➤ **Klasifikasi**

Polyethylene terdiri dari berbagai jenis berdasarkan kepadatan dan percabangan molekul, sifat mekanis dari polyethylene bergantung pada tipe percabangan, struktur kristal, dan berat molekulnya.

➤ **Sifat fisik**

Melihat kristalinitas dan massa molekul, titik leleh, dan transisi gelas sulit melihat sifat fisik polyethylene. Temperature titik tersebut sangat bervariasi bergantung pada type polyethylene. Pada tingkat komersil, polyethylene berdensitas menengah dan tinggi, titik lelehnya berkisar 120°C hingga 135°C. titik leleh polyethylene berdensitas rendah berkisar 105°C hingga 115°C.

➤ **Karakteristik**

Karakteristik polyethylene yang khas di jelaskan pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.4 Typical polyethylene sheet characteristics Sumber :

(Singih kurniawan /2010)

Property	Value	Unit
Density	< 0.927	Gr/cm ³
Tensile Strength	> 1450	N/cm ²
Elongation	< 300	%
Dielectric Strength	< 2.2 x 10 ²	v/m
Dielectric Constant	< 2.82	“
Carbon Black Content	2.5 ± 0.5	%

2.7 Pengertian Temperatur *band Heater*

Temperatur atau suhu adalah ukuran tingkat atau derajat panas pada benda. Suhu menunjukkan tingkat banyaknya energi kalor yang ada di benda. Semakin tinggi suhu suatu benda semakin panas benda itu, dan semakin banyak energi kalor dalam benda itu. *band Heater* adalah salah satu jenis pemanas listrik/ *heating* elemen yang penggunaannya harus menempel pada permukaan dari tabung *barrel*, berfungsi melelehkan material plastik yang ada dalam tabung *barrel* pada saat proses ekstrusi plastik.

2.7.1 Kapasitas Produksi Mesin ekstruder Plastik

Perubahan kecepatan putaran screw nilai kapasitas ekstruder yang berbeda. Semakin cepat atau tinggi putaran screw akan diperoleh nilai kapasitas yang semakin besar pula. Screw yang berputar lebih cepat akan mendorong bahan menuju dies lebih cepat dan akan terjadi sebaliknya. Menurut Wei et al (2013), kecepatan putaran screw sangat mempengaruhi laju aliran bahan selain juga akan berpengaruh pada tingkat homogenitas bahan. Putaran screw yang lebih tinggi akan menghasilkan laju aliran bahan yang semakin besar. Pada perlakuan suhu barrel yang berbeda, kapasitas tertinggi dihasilkan pada suhu barrel 300 °C yaitu 26 gr/min. Pola kapasitas yang dihasilkan ialah pada suhu 250 °C kapasitasnya hanya sebesar 8 gr/min, kemudian kapasitas naik hingga pada suhu 200 °C dan mulai turun kembali pada suhu 150 °C. Dalam suhu barrel diatas 300 °C bahan plastik *polyethylene* yang diolah belum mengalami proses peleburan puncak hingga bentuk aliran cair akan terjadi. Bahan yang mengalami gelatinisasi sempurna akan bersifat licin karena amilosa dalam meleleh dan membentuk larutan/cairan kental sebelum menjadi gel. Cairan inilah yang menyebabkan bahan terdorong ke dies. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Ji et al (2017) tentang pengaruh tekanan dan suhu terhadap derajat gelatinisasi senyawa. Disebutkan bahwa lelehan plastik pada proses *extrusion* mulai meleleh pada suhu 140 °C kemudian berlanjut hingga suhu 250 °C setelah itu cairan kental dari peleburan tersebut akan semakin mencair karena suhu yang semakin tinggi akan menyebabkan lelehan bebas dalam larutan/cairan menguap.

2.8 Tegangan Geser, Laju Geser dan Viskositas

Reologi zat padat berupa polimer dipengaruhi oleh geseran, tegangan (elongasi), deformasi hidrostatik ataupun gabungan ketiganya. Geseran

mempengaruhi deformasi atau pelelehan dari polimer, berupa tegangan geser dan laju geser. Tegangan geser menunjukkan deformasi geseran berupa pergeseran satu lapisan dengan lapisan lainnya yang disebabkan oleh tekanan pada suatu luas permukaan. Laju geser (gradient kelajuan) berhubungan dengan kelajuan dari pergerakan molekul pada kondisi tertentu. Untuk analisa sifat reologi beberapa asumsi dibuat, yaitu sebagai berikut (Kamal dan Nyun, 1973; Brydson, 1995):

1. Cairan di dalam kapiler bersifat Newtonian,
2. suhu sepanjang waktu adalah isothermal,
3. fluida tidak dapat dimampatkan, dan
4. tidak ada *slip* yang terjadi di dinding kapiler.
5. Konduktivitas dan difusi panas dari lelehan polimer adalah konstan dan independen dari suhu dan tekanan.
6. Konduksi panas pada arah aksial diabaikan jika dibandingkan dengan konveksi panas.

Unit volume cairan bergerak dengan laju geser di bawah tegangan geser yang diterapkan dari fluida Newtonian adalah yang di mana viskositasnya adalah independen dari laju geser. Dengan kata lain, sebidang tegangan geser versus laju geser adalah linier dengan kemiringan. Dalam cairan Newtonian, semua energi masuk ke dalam molekul yang saling bergeser.

Cairan di mana tegangan geser tidak berbanding lurus dengan laju deformasi adalah aliran non-Newtonian. Dalam cairan non-Newtonian; hubungan tegangan geser / geser tidak linier (Likavcan, et al., 2014).

Viskositas adalah rasio tegangan geser yang diterapkan terhadap laju geser yang dihasilkan (atau ekuivalen, rasio tegangan geser yang diperlukan untuk memindahkan larutan pada laju geser tetap) (likavcan, et al., 2014). Viskositas berhubungan dengan ketidakstabilan aliran fluida di dalam kapiler (Rahim, et al., 2011). Viskositas suatu lelehan polimer tergantung pada konsentrasi dan ukuran (berat molekul) polimer terlarut. Dengan mengukur viskositas larutan, kita bisa mendapatkan gambaran tentang berat molekul.

Viskoelastisitas dari fluida polimer memiliki hubungan terhadap stabilitas aliran, mobilitas molekul serta kemampuan pewarnaan dari produk. Viskositas berubah dengan laju geser. Viskositas selalu ditentukan oleh hubungan antara

tegangan geser dan laju geser. Biasanya, viskositas turun pada laju geser tinggi; Fenomena ini dikenal sebagai penipisan geser (Fisher, et al., 2007).

Semakin tinggi viskositas polimer, semakin tinggi resistensi terhadap aliran leleh. Kalau tidak, berarti resistensi yang lebih rendah. Kurva viskositas dari kebanyakan termoplastik menunjukkan ketergantungan yang sama pada laju geser.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Tempat pelaksanaan dalam penelitian *pengaruh Temperatur Terhadap Kapasitas Plastik, Pada Mesin Extruder* ini adalah di Laboraturium Proses Produksi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Mukhtar Basri No 3 medan.

3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan pembuatan dan kegiatan pengujian dilakukan sejak tanggal usulan oleh Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara seperti pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Study literature						
2	Penulisan Proposal						
3	Pengujian dan pengambilan data tugas akhir						
4	Analisa data						
5	Penulisan laporan akhir						
6	Seminar hasil dan sidang sarjana						

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

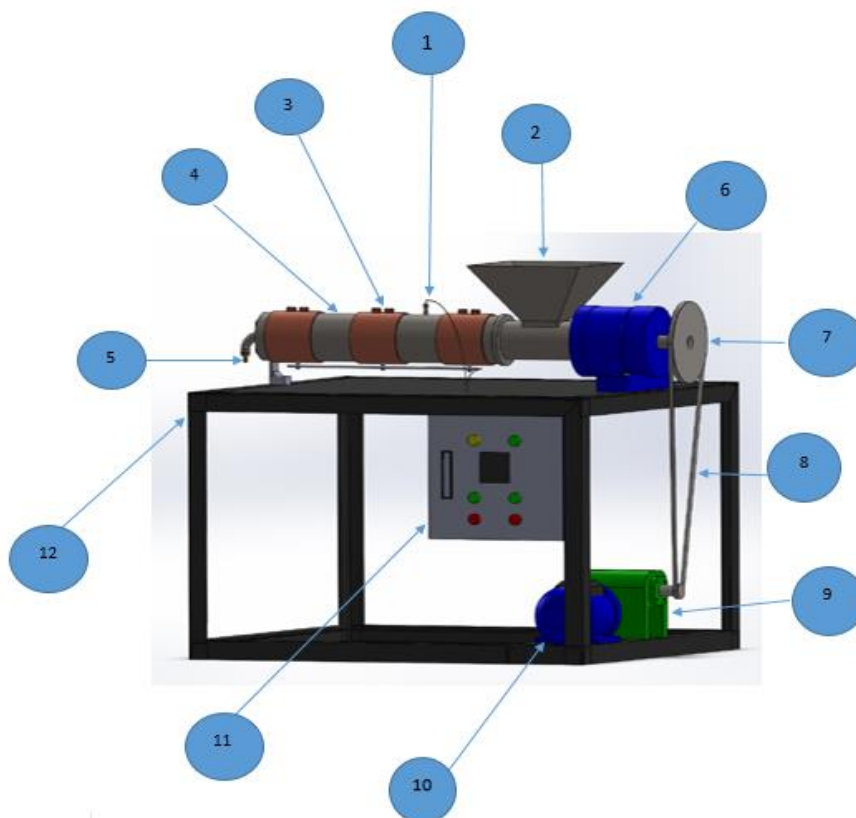
Biji plastik berbentuk pelet atau biji plastik daur ulang (recycle) adalah bahan digunakan untuk proses extrusion plastik pada mesin extrusi plastik hingga meleleh. dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini:



Gambar 3.1 Biji Plastik Jenis PE

3.2.2 Set Up Alat Uji MESIN EXTRUDER PLASTIK

Bagian-bagian dan komponen dari MESIN EXTRUDER PLASTIK yang telah dirancang dan disusun dapat dilihat pada gambar 4.9 dibawah ini :



Gambar 3.2 Bagian dan Komponen Mesin Extruder Plastik

Keterangan:

1. Sensor suhu
2. Hopper
3. Heater
4. Barrel
5. nozle
6. Home bearing
7. Sproket
8. Rantai
9. Gear box
10. Motor listrik
11. Panel controler
12. Rangka

3.2.2.1 elemen pemanas (heater element)

Elemen pemanas (heater element) adalah komponen yang menghasilkan panas untuk pemrosesan plastik pada mesin ekstrusi ini. Elemen ini terdiri dari tiga buah dan dipasang pada barrel. Elemen ini diletakan pada bagian pengumpan (feed section), penekan (compression section) dan bagian pengaduk (metering section). Untuk pengaturan temperatur proses plastinisasi, elemen pemanas ini dihubungkanke box kontrol temperatur (thermokopel). Bentuk dari ketiga elemen pemanas diperlihatkan pada Gambar 3.3 elemen pemanas (heater element)



Gambar 3.3 Elemen Pemanas (heater element)

3.2.2.2 Barel dan Screw

Barrel adalah komponen pasangan screw berbentuk selongsong yang merupakan ruang pemanas dimana screw berada di dalamnya, berfungsi sebagai tempat berlangsungnya pemanasan dan pengadukan. Dengan panjang tabung Barrel 627 mm, tebal dinding Barrel 25,25 mm, diameter lubang dalam 39,5 mm. Panjang screw 840 mm dapat dilihat pada gambar 3.4 screw dan barrel



Gambar 3.4 Screw dan Barel

3.2.2.3 Stopwatch

Digunakan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan oleh alat ekstruder setiap melelehkan plastik saat melakukan proses ekstrusion dapat dilihat pada gambar 3.5 dibawah ini:



Gambar 3.5 Stopwatch

3.2.2.4 Timbangan

Digunakan untuk mengetahui berapa berat bahan plastik yang di leleh oleh mesin ekstruder dapat dilihat pada gambar 3.6 dibawah ini :



Gambar 3.6 Timbangan Elektrik

Spesifikasi

Kapasitas : 1000 gr

Ketelitian : 1 gr

Power : 2 Baterai

Ukuran : 25 x 17 x 4 cm

3.2.2.5 Thermogun

Digunakan untuk mengukur suhu pada saat melakukan pengujian pada bagian luar dan dalam barell



Gambar 3.7 Gambar thermo gun

3.2.2.6 Kontroler suhu (thermostat)

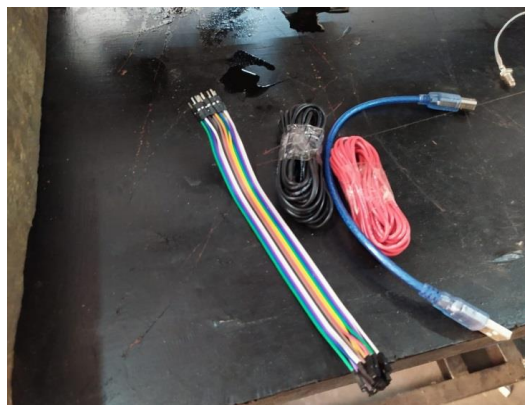
Kontroler suhu (thermostart) digunakan untuk menentukan dan mengatur suhu pada mesin sedang beroperasi otomatis suhu maksimal yang dapat diatur 1000c . Gambar dari Kontroler suhu (thermostart) dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.8 Kontroler Suhu (*thermostat*)

3.2.2.7 Kabel

Kabel digunakan untuk rangkaian kelistrikan di mesin ekstruder plastik ,dapat dilihat pada gambar 3.9 dibawah ini :



Gambar 3.9 Kabel

3.2.2.8 Sensor Suhu

Sensor suhu digunakan untuk mengukur suhu dalam barell, ketika pengujian berlangsung suhu maximal yang dapat di ukur adalah 1000 °C . Gambar dari sensor suhu dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.10 Sensor Suhu

3.2.2.9 Nozle

Nozle berfungsi untuk bagian output mesin ekstruder pada saat pengolahan atau bagian pengeluaran setelah proses peleburan dan membentuk keluaran hasil ekstrusi



Gambar 3.11 Nozle

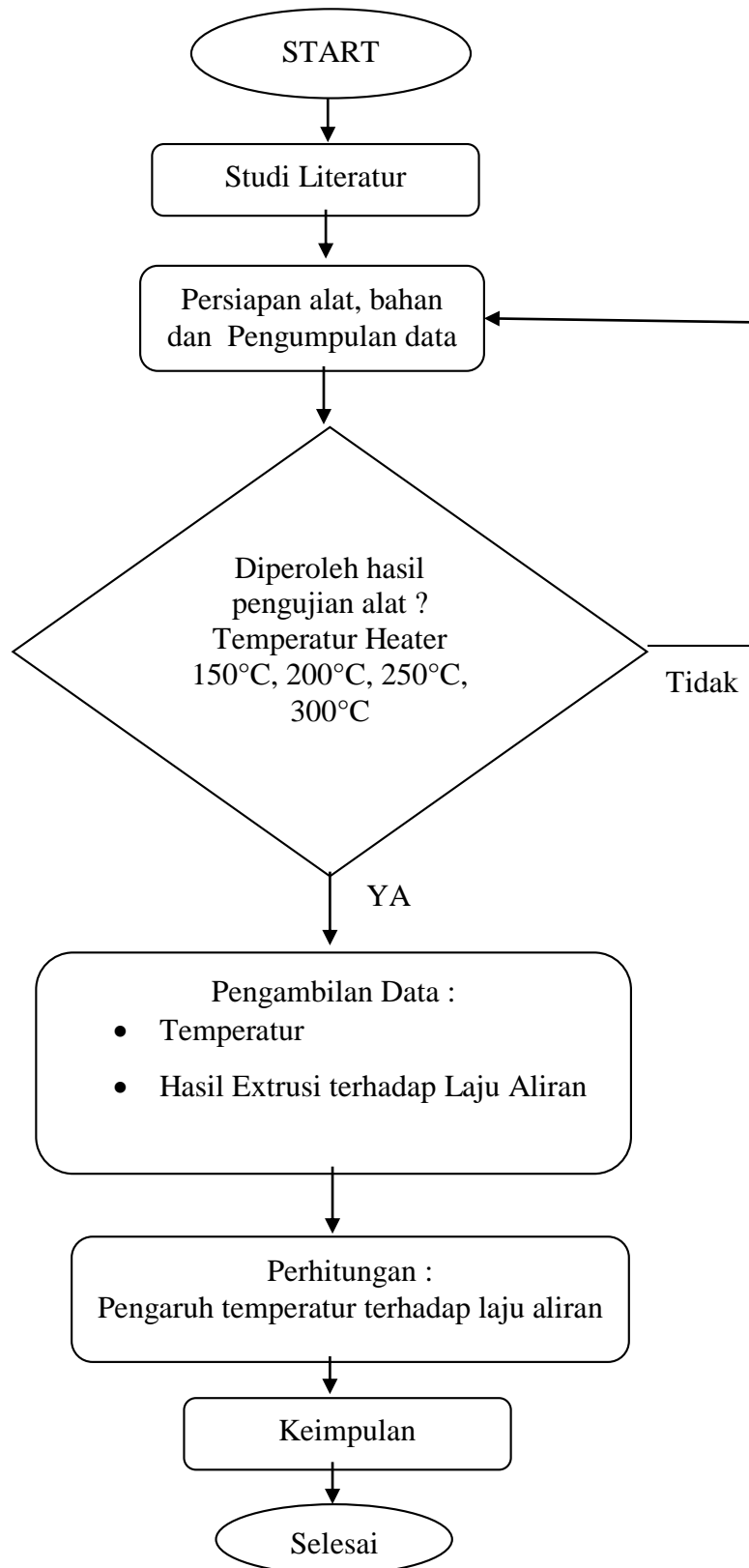
3.2.2.10. Tampungan

Tampungan digunakan untuk menampung hasil proses ekstrusi namun sebaiknya tampungan diisi dengan air agar hasil ekstrusi tidak melekat pada tampungan



Gambar 3.12 Tampungan

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.13 Diagram Alir Penelitian
3.3.1 Penjelasan Diagram Alir Penelitian

1. dilakukan dengan membaca berbagai literature yang berhubungan dengan penelitian ini, baik buku-buku teks, jurnal, maupun tugas sarjana.
2. Persiapan pengujian seperti menyiapkan materialnya, alat – alat pendukung, dan juga alat – alat safety.
3. Hidupkan monitor dan mesin – mesin terkait seperti mesin ekstruder dan heater.
4. Masukkan material PET ke dalam hopper untuk persiapan ekstrusi di mesin ekstruder.
5. Setting temperatur ekstruder pada display monitor lalu catat.
6. Lihat keluaran PET dari mesin ekstruder yang telah di ekstrusi, keluaran PE yang didapat dari tiap suhu 150°C, 200°C, 250°C, dan 300°C akan terlihat perbedaan ukuran berat pada tiap proses ekstrusi yang terjadi perhitungan dihitung dari ujung nozle
7. Setelah mendapat suhu yang tepat maka lakukan tes linieritas dengan cara menguji berat sampel material PET yang keluar dari proses ekstrusi dari Nozle dengan mengatur temperatur heater dari rendah ke tinggi, jadi bisa mengukur material yang akan terpakai.
8. Bandingkan lelehan PET hasil proses ekstrusi pada tiap – tiap temperatur yang di uji coba, dengan cara meimbang dari tiap temperatur Heater.
9. Menganalisa data – data hasil ujicoba.
10. Selesai.

3.3.2 Prosedur Pengujian

Sebelum melakukan penelitian dan pengambilan data pada mesin ekstruder plastik terlebih dahulu dilakukan pengujian, hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah mesin bekerja dengan baik atau tidak. Jika mesin belum beroperasi dengan baik seperti ada kebocoran pada barrel, atau screw tidak bekerja maksimal saat proses ekstrusi berlangsung ataupun heater tidak bekerja dengan baik, maka mesin atau alat harus diperbaiki lagi sampai kondisi mesin benar-benar siap untuk pengambilan data dan penelitian. Prosedur pengujian mesin ekstruder plastik meliputi

1. Menghidupkan Mesin Extruder

Menghidupkan mesin ekstruder dengan cara menyambungkan steker saklar mesin dengan listrik



Gambar 3.14 Proses Menghidupkan Mesin

2. Mengatur Suhu

Mengatur suhu pada saat penelitian suhu 150°C, 200°C, 250°C dan 300°C suhu awal pada mesin mengikuti suhu awal pada ruangan yaitu suhu 32°C



Gambar 3.15 Mengatur Suhu Pada Mesin Exstruder

3. Memasukkan Biji Plastik

Memasukkan biji plastik kedalam hopper dengan berat 1000gr, jenis plastik yang digunakan dalam pengujian ini menggunakan pelet biji plastik jenis Polyethylene terephthalate (PET)



Gambar 3.16 Memasukkan Biji Plastik Kedalam hopper

4. Menjalan Screw

Menghidupkan screw dengan cara menekan tombol di control panel hingga lampu hijau menyala .Screw baru mulai di operasikan setelah suhu yang diinginkan tercapai agar proses ekstrusi pada bareel dapat berjalan dengan optimal



Gambar 3.17 Menghidupkan Screw

5. Menyediakan Tampungan atau Wadah

Setelah proses produksi berjalan sipakan tampungan atau wadah yang berisi dengan air agar memudahkan untuk mengeluarkan hasil ekstrusi dari wadah. Jika tidak berisi air hasil ekstrusi akan lengket di dalam tampungan



Gambar 3.18 Menampung Hasil Produksi

6. Menimbang Hasil Proses Ekstrusi

Dalam penelitian ini. Menghitung hasil proses ekstrusi dari waktu 1 menit dengan menggunakan timbangan digital agar mengetahui perbandingan tiap suhu dan untuk mengetahui berapa berat yang di hasilkan di setiap suhu.



Gambar 3.19 Proses Penimbangan Hasil Pengujian

7. Proses Penimbangan Sisa Biji Plastik

Sama halnya dengan hasil produksi, sisa biji plastik juga di timbang dengan cara mengeluarkan dari dalam hopper, agar dapat menentukan berapa hasil yang dapat di ekstrusi mesin ekstruder plastik selama 1 menit pengujian.



Gambar 3.20 Proses Penimbangan Sisa Pengujian Biji Plastik Pada hopper

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

Bersumber pada hasil pengujian yang telah dilaksanakan di Laboratorium Prestasi Mesin, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, tentang kinerja dari Mesin Extruder Plastik, diperoleh data dan variabel yang dapat menjawab persoalan-persoalan pada data tersebut, serta memberikan suatu gambaran dengan data dalam bentuk table dan juga dilengkapi dengan grafik.

Data-data dari hasil percobaan yang telah dilaksanakan dalam penelitian ini akan dijelaskan atau diuraikan dalam bab 4 ini dalam bentuk perhitungan guna memperoleh variabel yang diinginkan. Selanjutnya dibawah ini adalah bentuk data dari hasil percobaan dan pengujian yang dilaksanakan dalam penelitian yang dilakukan pada Mesin Extruder Plastik,serta data dari perhitungan yang dilaksanakan untuk mengetahui Pengaruh Temperatur Terhadap laju Mesin Extruder plastik.

4.1.1 Data hasil pengujian mesin extruder plastik

Pada pelaksanaan pengujian sebanyak 4 kali dengan waktu proses extrusi selama 1 menit, yaitu pada temperatur heater 150 °C, 200 °C, 250 °C, dan 300 °C dengan hasil 1 gr, 5 gr, 8 gr, dan 26 gr. Gambar hasil pengujian dapat gambar di bawah ini:

1. pada temperatur 150 °C hasil pengujian dari mesin extruder plastik selama 1 menit adalah 1 gr.



Gambar 4.1 Hasil penelitian dari temperatur 150 °C dan berat hasil extrusion

2. pada temperatur 200 °C hasil pengujian dari mesin extruder plastik selama 1 menit adalah 5 gr.



Gambar 4.2 Hasil penelitian dari temperatur 200 °C dan berat hasil extrusion

3. pada temperatur 250 °C hasil pengujian dari mesin extruder plastik selama 1 menit adalah 5 gr.



Gambar 4.3 Hasil penelitian dari temperatur 250 °C dan berat hasil extrusion

4. pada temperatur 250 °C hasil pengujian dari mesin ekstruder plastik selama 1 menit adalah 5 gr.



Gambar 4.4 Hasil penelitian dari temperatur 300 °C dan berat hasil extrusion

Selanjutnya sampel data pengujian proses ekstrusion mesin plastik akan disajikan selengkapnya dalam bentuk table 4.1 dibawah ini :

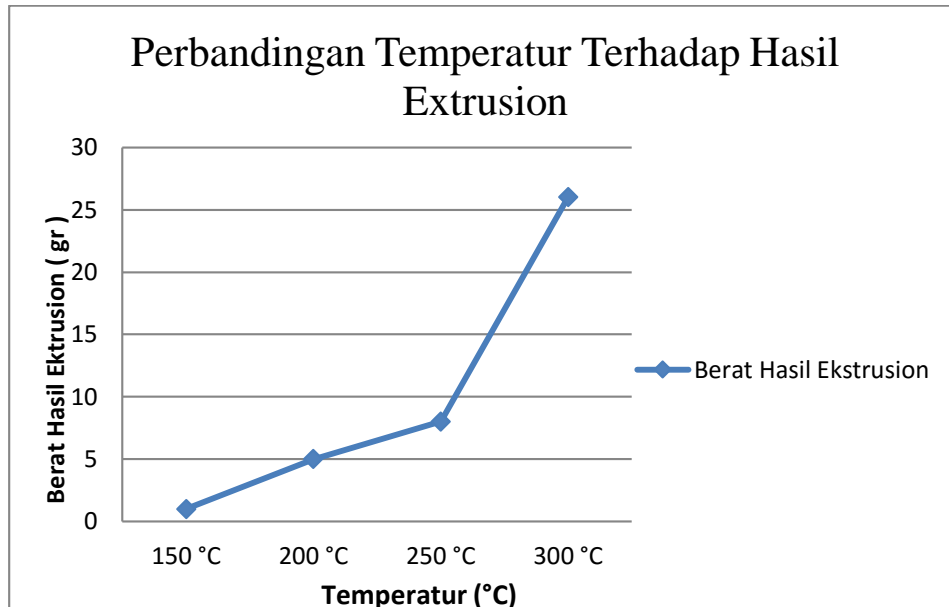
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Temperatur Ekstrusion

Berat Awal Spesimen (gr)	Temperatur Masuk (°C)	Berat hasil Ekstrusion (gr)	Waktu Ekstrusion (s)	Sisa Proses Ekstrusion (gr)	Temperatur Keluar (°C)
100	150°C	1 gr	60 s	998 gr	128 (°C)
100	200°C	5 gr	60 s	992 gr	181 (°C)
100	250°C	8 gr	60 s	983 gr	239 (°C)
100	300°C	26 gr	60 s	923 gr	289 (°C)

Dari tabel diatas dapat dijelaskan, Berat hasil pada proses ekstrusion ini, perhitungan dilakukan dari hasil ekstrusion yang keluar dari ujung Nozle dan

putaran konstan dengan laju putaran 15 rpm. Berat awal spesimen pengujian 1000 gr dengan temperatur 150°C dalam kecepatan 15 rpm berat yang dihasilkan dari proses Ekstrusion 1 gr dengan waktu 60 s dan sisa dari hasil proses ekstrusion adalah 998gr untuk mengetahui berat sisa perlunya mengeluarkannya sisa bahan dari dalam hopper dan dan temperatur bahan yang di ekstrusion adalah 128°C. Selanjutnya Berat awal spesimen pengujian 1000 gr dengan temperatur 200°C dalam kecepatan 15 rpm berat yang dihasilkan dari proses Ekstrusion 5 gr dengan waktu 60 s dan sisa dari hasil proses ekstrusion adalah 992gr untuk mengetahui berat sisa perlunya mengeluarkannya sisa bahan dari dalam hopper dan temperatur bahan yang di ekstrusion adalah 181°C. Berat awal spesimen pengujian 1000 gr dengan temperatur 250°C dalam kecepatan 15 rpm berat yang dihasilkan dari proses Ekstrusion 8 gr dengan waktu 60 s dan sisa dari hasil proses ekstrusion adalah 983gr untuk mengetahui berat sisa perlunya mengeluarkannya sisa bahan dari dalam hopper dan dan temperatur bahan yang di ekstrusion adalah 239°C. Kemudian yang terakhir Berat awal spesimen pengujian 1000 gr dengan temperatur 300°C dalam kecepatan 15 rpm berat yang dihasilkan dari proses Ekstrusion 26 gr dengan waktu 60 s dan sisa dari hasil proses ekstrusion adalah 923gr untuk mengetahui berat sisa perlunya mengeluarkannya sisa bahan dari dalam hopper dan dan temperatur bahan yang di ekstrusion adalah 289°C. Jadi semakin tinggi temperatur pada proses ekstrusion maka semakin banyak hasil ekstrusion.

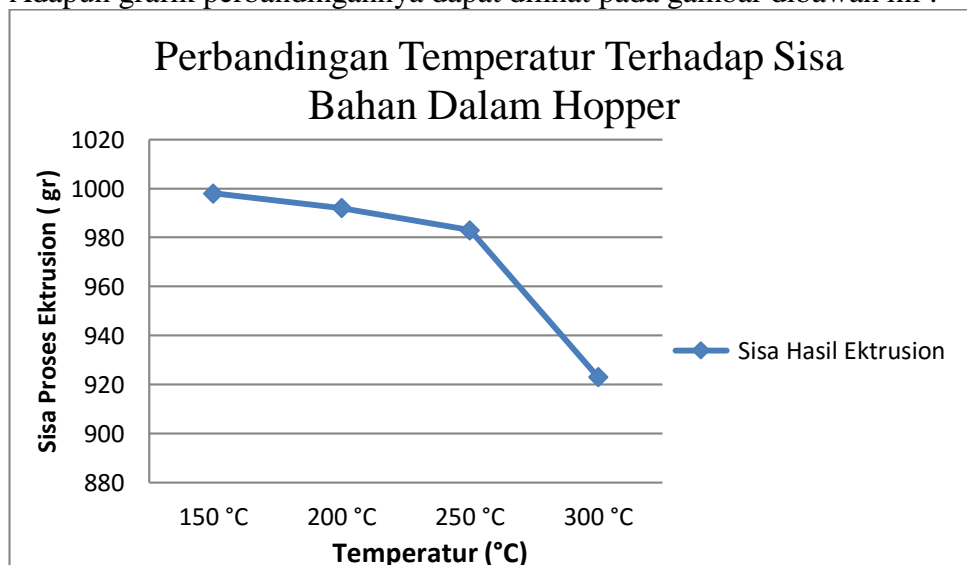
Adapun grafik perbandingannya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Temperatur Terhadap Hasil Extrusion

Pada gambar 4.5 gambar diatas adalah diagram perbandingan temperatur terhadap hasil pengolahan agar mengetahui pengaruh hasil pada suhu yang di variasikan

Adapun grafik perbandingannya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Temperatur Terhadap Sisa Bahan

Pada gambar 4.6 gambar diatas adalah grafik pengaruh temperatur terhadap sisa bahan.

4.2 Perhitungan dan Pengolahan Data

Perhitungan pengaruh temperatur terhadap laju aliran pada smesin ekstruder penelitian ini dengan cara menghitung laju aliran dari tiap suhu yang di di tentukan selama 1 menit.

Pada saat proses punggujian diketahui data sebagai berikut:

Dik : $m = 1 \text{ gr}$

$T = 1.\text{menit}$

Dit : Laju Aliran Massa

Jawab : $Laju\ Aliran\ Massa = \frac{v}{t}$

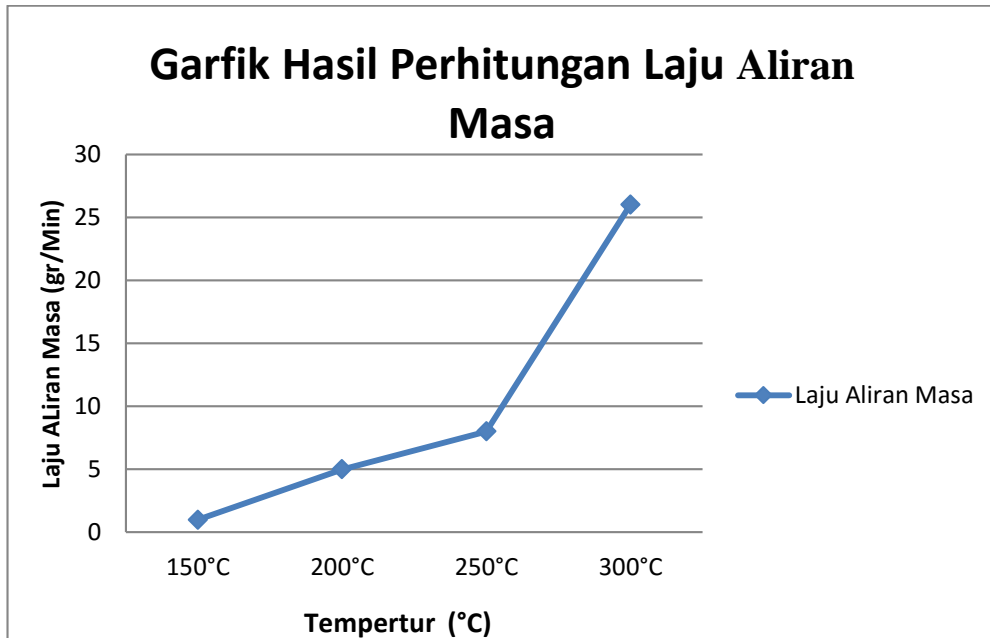
$$Laju\ Aliran\ Massa = \frac{1\ gr}{1\ min}$$

$$= 1 \text{ gr/menit}$$

Tabel 4.2 Data Hasil Perhitungan Laju Aliran

T	Laju aliran massa (gr/min)
150°C	1 gr/menit
200°C	5 gr/menit
250°C	8 gr/menit
300°C	26 gr/menit

Grafik Perhitungan Temperatur Terhadap Laju Aliran



Gambar 4.7 Grafik Hasil Perhitungan Laju Aliran

Perhitungan perpindahan panas

Dik : $m = 1 \text{ kg}$

Nilai kalor jenis plastik *Polyethylene terephthaalate* (PET), $c = 3,472 \text{ j/kg}$ setara dengan 0,83 kalori kalor

$$\Delta t = 150 \text{ }^\circ\text{C} - 32 \text{ }^\circ\text{C} = 118 \text{ }^\circ\text{C}$$

untuk menghitung perpindahan panas (Q) maka digunakan rumus sebagai berikut:

Dimana :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$Q = 1 \text{ kg} \cdot 3,472 \text{ J/kg} \cdot (150 \text{ }^\circ\text{C} - 32 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$Q = 1 \text{ kg} \cdot 3,472 \text{ J/kg} \cdot 118 \text{ }^\circ\text{C}$$

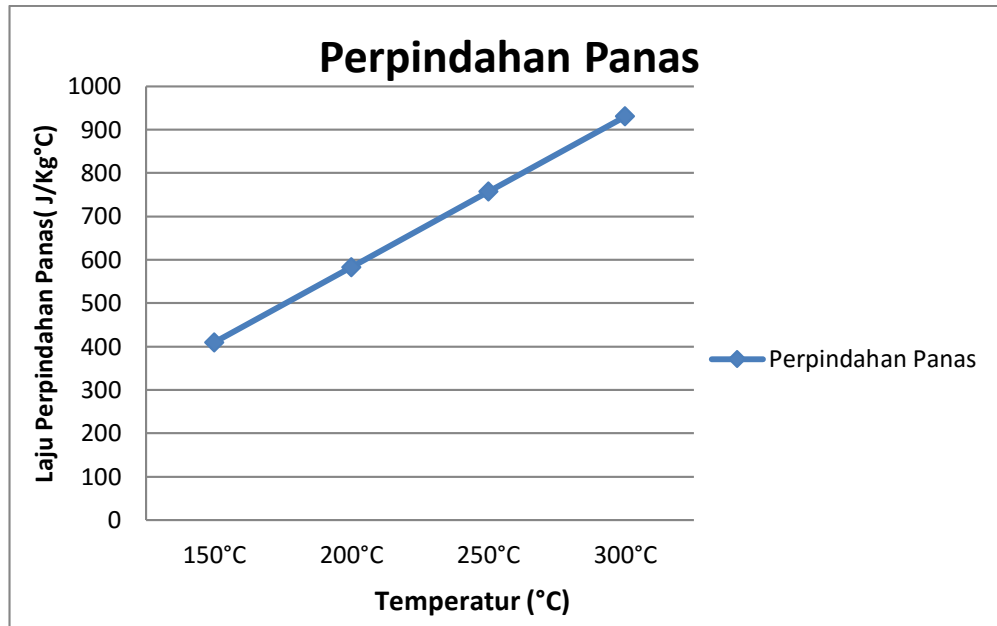
$$Q = 409.696 \text{ J/kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$$

Tabel 4.3 Data hasil perhitungan laju perpindahan panas

T	(Q)
150°C	409,696 $\text{J}/\text{kg}^\circ\text{C}$
200°C	583,296 $\text{J}/\text{kg}^\circ\text{C}$
250°C	756,896 $\text{J}/\text{kg}^\circ\text{C}$

$$300^{\circ}\text{C} \quad 930,496 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$$

Grafik hasil Perhitungan Perpindahan Panas



Gambar 4.8 Grafik hasil perhitungan Perpindahan Panas

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, serta pembahasan terhadap data yang didapatkan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian dan pengujian pada mesin extruder plastik dengan menggunakan biji plastik yang di lebur dengan menggunakan suhu 300°C lebih efektif untuk menghasilkan bentuk filament yang memiliki diameter dan bentuk yang baik di bandingkan dengan peleburan dengan menggunakan suhu 150°C
2. Hasil akhir filament pemanasan menggunakan heater dengan suhu 300°C dengan waktu 1 menit menghasilkan berat 26 gr dan pada suhu 150°C dengan waktu 1 menit hanya menghasilkan 1 gram
3. Hasil akhir perhitungan debit dari suhu 150°C sebesar 1 gr/m dan perhitungan debit dari suhu 300°C sebesar 26 gr/m

5.2. Saran

Untuk pengujian selanjutnya dapat juga dilakukan dengan memvariasikan tebal barrel yang lebih kecil dengan bahan yang berbeda sehingga menghasilkan performa dan koefisien yang didapatkan lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Fransiscus, Hanky, and M T Nik. 2018. "PERANCANGAN EKSPERIMEN PROSES EKSTRUSI DENGAN BAHAN PLASTIK BEKAS PAKAI Pembina : Catharina Badra Nawangpalupi , Ph . D . Disusun Oleh : Dr . Sugih Sudharma Tjandra , S . T . , M . Si . (NIK : 20070611) Cynthia Prithadevi Juwono , Ir . , M . S . (NIK : 2." : 1–23.
- Handranto, Lusi. 2018. "Penentuan Level Parameter Proses Mesin."
- Mawardi, Indra; Hasrin; Hanif; 2015. "Analisis Kualitas Produk Dengan Pengaturan Parameter Temperatur Injeksi Material Plastik Polypropylene (PP) Pada Proses Injection Molding." *Industrial Engineering Journal* 4(2): 30–35.
- Mesin, Jurusan Teknik, Fakultas Teknologi Industri, and Universitas Islam Indonesia. 2019. "PRINTER."
- Okatama, Irvan. 2017. "Analisa Peleburan Limbah Plastik Jenis Polyethylene Terphthalate (Pet) Menjadi Biji Plastik Melalui Pengujian Alat Pelebur Plastik." *Jurnal Teknik Mesin* 5(3): 20.
- Savira, Fitria, and Yudi Suharsono. 2013. "Element Pemanas." *Journal of Chemical Information and Modeling* 01(01): 1689–99.
- Fransiscus, Hanky, and M T Nik. 2018. "PERANCANGAN EKSPERIMEN PROSES EKSTRUSI DENGAN BAHAN PLASTIK BEKAS PAKAI Pembina : Catharina Badra Nawangpalupi , Ph . D . Disusun Oleh : Dr . Sugih Sudharma Tjandra , S . T . , M . Si . (NIK : 20070611) Cynthia Prithadevi Juwono , Ir . , M . S . (NIK : 2." : 1–23.

Lampiran

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Aliran Plastik Pada Mesin Extruder

Nama : Muhammad Nazrul Azhari B
 NPM : 15071230171

Dosen pembimbing 1 : Chandra A Siregar S.T.,M.T
 Dosen pembimbing 2 : H. Muhamrif, S.T.,M.Sc

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	10/10/2020	perbaiki BAB I dan II lanjut BAB III	f
2	24/12/2020	perbaiki BAB III lanjutkan penelitian	f
3	0/1/2021	perbaiki format laporan lanjutkan BAB 4 dan BAB 5	f
4	0/3/2021	perbaiki BAB IV lanjut ke pembimbing 2	
5	26/12/2021	perbaiki BAB 1 dan BAB 3. perbaiki BAB 3. penambahan penjelasan proses penelitian dan prosedur penelitian. diagram alir. ACE seminar ACE seminar.	f



MSU

Cerdas | Terpercaya

ab surat ini agar disebutkan
anggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website : <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail : fatek@umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor 404/II/ANU/UMSU-07/F/2020

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin pada Tanggal 19 Februari 2020 ini Menetapkan :

Nama : MUHAMMAD NAZRUL AZHARI B
Npm : 1507230171
Program Study : TEKNIK Mesin
Semester : X (Sepuluh)
Judul tugas akhir : PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP KAPASITAS
PRODUKSI MESIN PELEBUR LIMBAH PLASTIK
Pembimbing I : CHANDRA A. SIREGAR ST. MT
Pembimbing II : H. MUHARNIF ST. M.Sc

Demikian diizinkan untuk Menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Penulisan Tugas Akhir Dinyatakan fatal setelah 1 (satu) tahun tanggal ditetapkan

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan 25 Jumadil Akhir 1441 H
20 Februari 2020 M

Dekan



Munawar Alfansury Siregar, ST., MT
NIDN: 0101017202

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Data Pribadi

Nama : Muhammad Nazrul Azhari. B
NPM : 1507230212
Tempat dan tanggal lahir : Marindal, 24-05-1997
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Kewarganegaraan : Indonesia
Alamat : Marindal I. Pasar 3 jl. Pelajar Ujung
Anak Ke : 2 dari 2 bersaudara



Nama Orang Tua

Nama Ayah : Esron Antony barus
Nama Ibu : Kurma Hayati
Alamat : Marindal I. Pasar 3 jl. Pelajar Ujung

Pendidikan Formal

1. Tahun 2003-Tahun 2009 : SD Negeri 105299 marindal1
2. Tahun 2009- Tahun 2012 : Smp Negeri 1 Delitua
3. Tahun 2012- Tahun 2015 : SMKN 2 Medan
4. Tahun 2015-2021, tercatat sebagai Mahasiswa pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan, 7 Mei 2021

MUHAMMAD NAZRUL AZHARI B

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2020– 2021**

Peserta seminar

Nama

: Mhd.Nazrul Azhari B

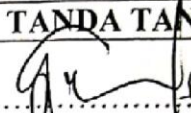
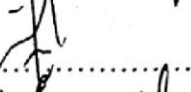
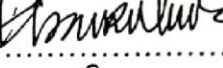
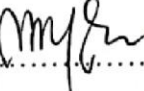
NPM

: 1507230171

Judul Tugas Akhir

: Pengaruh Temperatur Terhadap Kapasitas Mesin Ekstruder Plastik.

Ekstruder

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	:	
Pembimbing – II	: H.Muharnif.S.T.M.Sc	:	
Pembanding – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	:	
Pembanding – II	: M.Yani.S.T.M.T	:	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 09 Ramadhan 1442 H
21 April 2021 M

Ka Prodi Teknik Mesin




Mhd. Nazrul Azhari B.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTAR

NAMA : Mhd. Nazrul Azhari.B
NPM : 1507230171
Judul T.Akhir : Pengaruh Temperatur Terhadap kapasitas Mesin Ekstruder Plastik.

Dosen Pembimbing - I : Chandra A Siregr.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : H. Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen pembanding - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : M. Yani.S.T.M.T

KEPUTUSAN

- 1 Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- 2 Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

lihat pada draft skripsi, bagan yg harus direvisi

- 3 Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan 09 Ramadhan 1442 H
21 April 2021 M

Diketahui :
Ka.Prodi T .Mesin



Alfandi S.T.M.T

Dosen Pembanding - II

M. Yani
M. Yani.S.T.M.T

