

TUGAS AKHIR

**SIMULASI PENURUNAN *CYCLE TIME* PRODUKSI TUTUP
SEGEL PLATIK MENGGUNAKAN *AUTODESK MOLDFLOW*
DENGAN METODE *TAGUCHI*
DI PT. MAPAN DJAYA PLASTIK**



**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R I
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI**

POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA

2021

TUGAS AKHIR

**SIMULASI PENURUNAN *CYCLE TIME* PRODUKSI TUTUP
SEGEL PLASTIK MENGGUNAKAN *AUTODESK MOLDFLOW*
DENGAN METODE *TAGUCHI*
DI PT. MAPAN DJAYA PLASTIK**



**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R I
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI**

POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA

2021

PENGESAHAN
**SIMULASI PENURUNAN *CYCLE TIME* PRODUKSI TUTUP
SEGEL PLASTIK MENGGUNAKAN *AUTODESK MOLDFLOW*
DENGAN METODE *TAGUCHI*
DI PT. MAPAN DJAYA PLASTIK**

Disusun oleh:

SUCI RAHAYU
NIM. 1803042

Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik

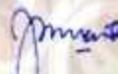
Pembimbing,



Uma Fadzilila Arifin, M.T.
NIP. 19931216 201901 2 001

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir dan dinyatakan
memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk mendapat Derajat Ahli
Madya Diploma III (D3) Politeknik ATK Yogyakarta
Tanggal: 03 Agustus 2021

TIM PENGUJI
Ketua

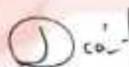


Ir. Isananto Winursito, M.Eng., Ph.D.
NIP. 19580823 198503 1 003

Anggota



Uma Fadzilila Arifin, M.T.
NIP. 19931216 201901 2 001



Diann Ross Arief, M.A.
NIP. 19861231 201402 2 001

Yogyakarta, Agustus 2021
Direktur Politeknik ATK Yogyakarta



Drs. Sutrisno, S.Sn., M.Sn.
NIP. 19660101 199403 1 008

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat, dan hidayahNya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini baik dan tepat waktu. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Bapak dan Ibu serta kakak-kakak ku yang sangat saya cintai dan saya sayangi. Terima kasih atas segala do'a dan dukungan untuk saya sehingga saya bersemangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Keluarga Mbah Sawud yang selalu mendoakan dan memberikan semangat kepada saya.
3. Pak Henry, Bu Dwi, Mbah Ngatirah, Mba Diah, Pak Sugeng, Mas Dodi, Pak Andreas, Pak Pur, Mas Haris, Bu Radema, Bu Sriyani, serta seluruh karyawan PT. Mapan Djaya Plastik. Terima kasih atas sambutan baiknya, ilmu yang bermanfaat dan pengalaman berharga yang saya dapatkan selama kegiatan magang kerja.
4. Keluarga Mba Maya dan Mas Tono yang sudah memberikan tempat tinggal dan mendukung serta mendoakan saya selama magang di Semarang.
5. Rekan-rekan yang sudah banyak memberikan semangat, bantuan dan masukan serta do'a kepada saya (Endra, Nia, Bang Udin).
6. Rekan pengajian Majelis Riyadatul Jannah terutama Ustaz Wisnu yang telah banyak memberikan do'a, saran dan dukungan untuk Tugas Akhir ini.
7. Rekan KARISMA (Keluarga Alumni Rohis Smansawi) yang selalu memberikan semangat, do'a dan selalu menemani dalam perjuangan saya menyusun Tugas Akhir.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Terima kasih atas do'a dan dukungan dalam bentuk apapun yang diberikan kepada saya. Semoga Allah SWT senantiasa membalas kebaikan kalian semua.

MOTTO

Man Shobaro Zhaflrah

“Barangslapa Yang Bersabar Ia Akan Beruntung”

Kunci Sukses

“Manut Guru Dan Berbakti Kepada Orang Tua”

(Al Habib Abdul Hadi Bin Zeln Bin Masyayikh Baraqbah)

Di Buka Dengan Perjuangan, Di Isi Dengan Pengorbanan, Di

Tutup Dengan Keberhasllan

(Al Habib Abdul Hadi Bin Zeln Bin Masyayikh Baraqbah)



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur dipanjatkan pada kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya yang telah memberikan banyak nikmat, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik. Tugas Akhir disusun sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk mendapatkan Derajat Ahli Madya Diploma III (D3) bagi mahasiswa Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik Politeknik ATK Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa selesainya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari doa, motivasi serta bimbingan dari berbagai pihak, baik moril maupun materi. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Drs. Sugiyanto, S.Sn., M.Sn., selaku Direktur Politeknik ATK Yogyakarta.
2. Dr. R. L.M. Satrio Ari Wibowo, S. Pt., IPU, ASEAN Eng., selaku Pembantu Direktur I Politeknik ATK Yogyakarta.
3. Yuli Suwarno, S.T., M.Sc., selaku Kepala Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik Politeknik ATK Yogyakarta.
4. Uma Fadzilia Arifin, M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
5. Ir. Isananto Winursito, M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Akademik.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak terutama pada proses pembuatan tutup segel plastik.

Yogyakarta, 26 Juli 2021

Penulis

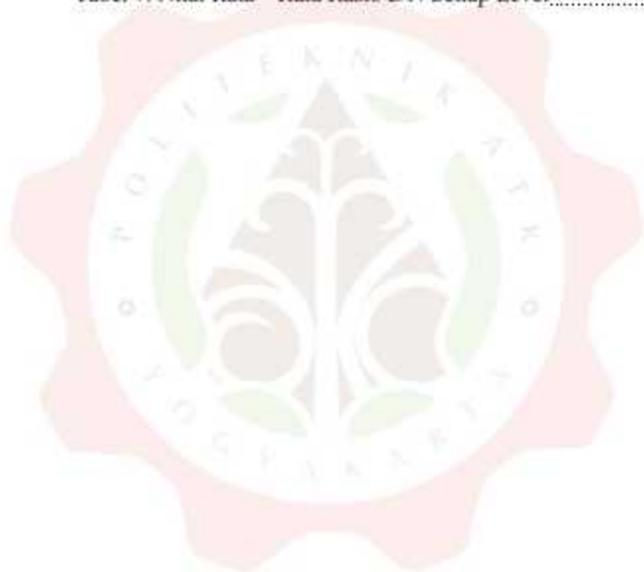
DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
INTISARI	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Permasalahan	4
C. Tujuan Tugas Akhir	4
D. Ruang Lingkup	4
E. Manfaat Tugas Akhir	5
BAB II TINJAUAN PSTAKA	6
A. Plastik	6
B. Tutup Segel Plastik	6
C. HDPE (<i>High Density Polyethylene</i>)	7
D. <i>Injection Molding</i> (Cetak Injeksi)	7
E. Waktu Siklus (<i>Cycle Time</i>)	12
F. <i>Design of Eksperiment</i> (DOE)	12
G. <i>Autodesk Moldflow</i>	13
H. Metode <i>Taguchi</i>	13
BAB III METODE TUGAS AKHIR	17

A. Metode Tugas akhir.....	17
B. Lokasi Magang.....	19
C. Materi.....	19
D. Tahapan Proses Pembuatan Tutup Segel.....	25
E. Tahap Penyelesaian Tugas akhir.....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
A. Pengaruh Parameter Suhu Proses.....	33
B. Parameter Suhu Proses Optimal.....	35
C. Penurunan <i>Cycle Time</i> Hasil Simulasi.....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
A. Kesimpulan.....	39
B. Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Faktor dan Level Simulasi.....	18
Table 2. Matriks Simulasi.....	18
Table 3. Data <i>Cycle Time</i> Bulan April.....	29
Tabel 4. Data Hasil Simulasi.....	30
Table 5. Data Nilai Respon Rasio S/N Setiap Simulasi.....	31
Tabel 6. Nilai Normalisasi Rasio S/N.....	32
Tabel 7. Nilai Rata – Rata Rasio S/N Setiap Level.....	33



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Unit Mesin Injeksi.....	8
Gambar 2. Unit <i>Clamping</i>	9
Gambar 3. Unit Mold.....	9
Gambar 4. Mesin <i>Mixer</i>	20
Gambar 5. Mesin Cetak Injeksi.....	21
Gambar 6. Mesin <i>Crusher</i>	22
Gambar 7. Timbangan.....	22
Gambar 8. Pisau Batil.....	23
Gambar 9. Plastik HDPE Murni.....	24
Gambar 10. Pewarna Holcomaster.....	24
Gambar 11. Campuran HDPE Murni Dan <i>Afval</i>	25
Gambar 12. Diagram Alir Proses Pembuatan Tutup Segel.....	26
Gambar 13. Diagram Alir Proses Penyelesaian Masalah.....	27
Gambar 14. Grafik Respon Rasio S/N.....	35
Gambar 15. Nilai <i>Cycle Time</i> Hasil Simulasi Level 1.....	38
Gambar 16. Tutup Segel Plastik.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Keterangan Magang.....	44
Lampiran 2. Lembar Kerja Harian Magang.....	45
Lampiran 3. Blanko Konsultasi Tugas Akhir.....	50
Lampiran 4. Sertifikat Magang.....	51



INTISARI

Cycle time adalah waktu yang dibutuhkan mesin untuk memproduksi suatu produk dimana pada mesin *injection molding cycle time* terdiri dari tiga fase yaitu fase menutupnya *mold*, fase penginjeksian dan fase pendinginan. *Cycle time* yang tinggi membuat proses produksi menjadi lambat sehingga butuh waktu lama untuk memenuhi permintaan pelanggan. Produksi tutup segel plastik di PT. Mapan Djaya Plastik membutuhkan *cycle time* yang tinggi yaitu 33 detik, hal tersebut membuat perusahaan sering mengalami keterlambatan dalam pengiriman produk tersebut kepada pelanggan. Tugas akhir ini bertujuan untuk menurunkan *cycle time* produksi tutup segel plastik dengan cara melakukan simulasi *moldflow* menggunakan *software* simulasi *autodesk moldflow adviser 2014* sehingga didapatkan kombinasi parameter suhu proses yang optimal untuk menurunkan *cycle time* produksi. Metode yang digunakan pada simulasi ini adalah metode *Taguchi* dengan *orthogonal array* sebagai matriks simulasi yang digunakan untuk melakukan simulasi. Hasil simulasi kemudian di analisis menggunakan *software minitab 19* untuk menghitung nilai respon rasio S/N dengan kategori *smaller is better*. Berdasarkan nilai rasio S/N yang dihasilkan diketahui bahwa kombinasi parameter suhu proses optimal adalah 180°C untuk *melt temperature* dan 32°C untuk *mold temperature*. *Cycle time* yang dihasilkan sebesar 23,66 detik dengan penurunan sebesar 9,34 detik dari *cycle time* sebelumnya.

Kata Kunci: *cycle time*, simulasi *moldflow*, metode *Taguchi*, rasio S/N

ABSTRACT

Cycle time is the time it takes the machine to produce a product where the injection molding machine cycle time consists of three phases, namely the closing phase of the mold, the injection phase and the cooling phase. High cycle time makes the production process slow so it takes a long time to meet customer demands. Production of plastic seal caps at PT. Mapan Djaya Plastik requires a high cycle time of 33 seconds, this makes the company often experience delays in sending these products to customers. This final project aims to reduce the production cycle time of plastic seal caps by performing moldflow simulations using autodesk moldflow adviser 2014 simulation software in order to obtain the optimal combination of process temperature parameters to reduce production cycle time. The method used in this simulation is the Taguchi method with an orthogonal array as the simulation matrix used to perform the simulation. The simulation results are then analyzed using minitab 19 software to calculate the response value of the S/N ratio with the smaller is better category. Based on the value of the resulting S/N ratio, it is known that the optimal combination of process temperature parameters is 180°C for melt temperature and 32°C for mold temperature. The resulting cycle time is 23.66 seconds with a decrease of 9.34 seconds from the previous cycle time.

Keywords: cycle time, moldflow simulation, Taguchi method, S/N ratio

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri manufaktur secara umum tidak dapat lepas dari peran industri kemasan. Berdasarkan data Indonesia *Packaging Federation* (2020), kinerja industri kemasan di tanah air diproyeksi tumbuh pada kisaran 6 persen tahun 2020 dari nilai realisasi tahun lalu sebesar Rp. 98,8 triliun. Ditinjau dari materialnya, kemasan yang beredar sebesar 44% dalam bentuk kemasan *flexible*, 14% kemasan *rigid plastic*, dan 28% kemasan *paperboard*. (Kemenperin, 2020). Tutup segel merupakan salah satu *part* penting dalam produk kemasan botol yang berfungsi untuk menjaga isi didalam botol agar tidak bocor atau terkontaminasi kotoran.

PT. Mapan Djaya Plastik merupakan produsen produk plastik yang memproduksi produk plastik menggunakan mesin *injection molding* dan *blow molding*. Produk yang dibuat antara lain adalah botol pupuk, talenan, *ice pack*, botol tetes, tutup segel dan lain – lain. Tutup segel untuk botol satu liter dibuat menggunakan mesin *injection molding* dengan bahan dasar biji plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) dan *afval* HDPE serta bahan pewarna *Holcomaster*. Produk tersebut merupakan produk yang diproduksi secara *continue* karena jumlah permintaan pasar yang relatif paling banyak dibandingkan produk lain. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan didapatkan adanya permasalahan mengenai *cycle time* tutup segel satu liter

yang relatif tinggi sehingga membuat PT. Mapan Djaya Plastik kesulitan dalam memenuhi permintaan pelanggan sehingga sering mengalami keterlambatan dalam pengiriman produk tersebut. Masalah tersebut harus ditanggulangi agar proses produksi bisa berjalan dengan optimal sehingga tidak ada lagi kendala yang dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan. *Cycle time* merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu mesin untuk memproduksi suatu produk, dimana *cycle time* pada injeksi *molding* terbagi dalam tiga fase yang saling berhubungan yaitu fase menutupnya *mold*, fase penginjeksian material dan fase pendinginan material (Wahyudi U, 2015).

Produksi tutup segel satu liter menggunakan mesin *injection molding* diharapkan hanya memerlukan *cycle time* yang singkat agar perusahaan bisa menghemat *cost* dari berbagai aspek. *Cycle time* dipengaruhi oleh berbagai parameter produksi salah satunya adalah suhu proses (*melt temperature* dan *mold temperature*). Parameter proses terbaik dapat dicari menggunakan metode *design of experiment* (DOE) (Anwar M.C, 2018). Metode DOE juga dapat di dukung dengan *software* simulasi untuk melakukan simulasi atau *trial and error* terkait dengan parameter proses yang telah diperoleh dari metode DOE sehingga lebih efisien dan dapat menghemat biaya produksi karena tidak menggunakan mesin. Salah satu alternatif simulasi produksi tutup segel dapat menggunakan *autodesk moldflow* yang merupakan *software* simulasi yang berfungsi untuk melakukan simulasi pembuatan produk plastik pada mesin *injection molding*. *Software moldflow* merupakan alat pencegahan atau korektif yang

dapat membantu para insinyur untuk menganalisis proses, mengurangi *cycle time*, dan meningkatkan kualitas produk. Berdasarkan parameter yang diberikan oleh *moldflow* dan telah diverifikasi oleh mesin *injection molding* diperoleh kualitas akhir produk yang baik (Vishnuvarthanam M, 2013).

Analisa hasil simulasi menggunakan *autodesk moldflow* dilakukan dengan bantuan *software minitab 19* menggunakan metode *Taguchi*. Metode *Taguchi* merupakan desain eksperimen dengan teknik optimasi guna memperbaiki kualitas produk dan menekan biaya serta *resources* seminimal mungkin. Metode *Taguchi* memperkenalkan dua komponen utama yaitu dalam proses perancangan menggunakan matriks orthogonal (*orthogonal array*) dan dalam proses analisis menggunakan rasio S/N (*signal to noise ratio*) untuk menentukan level faktor yang optimal terhadap respon (Pertiwi R.S, 2016). Kelebihan metode *Taguchi* adalah hasil eksperimen dapat dikombinasikan melalui *setting* faktor dan level yang optimal serta dapat mengurangi jumlah pelaksanaan percobaan pada mesin sehingga dapat menghemat waktu dan biaya (Muharom, 2015). Oleh karena itu, simulasi menggunakan *autodesk moldflow* dengan metode *Taguchi* diharapkan mampu menjadi solusi untuk menemukan parameter suhu proses (*melt temperature* dan *mold temperature*) yang berpengaruh agar *cycle time* produksi tutup segel plastik menggunakan mesin *injection molding* mengalami penurunan.

B. Permasalahan

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka didapatkan permasalahan yang akan dikaji dalam penulisan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh parameter suhu proses terhadap tingginya *cycle time*?
2. Berapa suhu proses optimal yang direkomendasikan untuk menurunkan *cycle time* produksi tutup segel plastik?
3. Berapa *cycle time* hasil simulasi yang diperoleh dan berapa besar penurunan *cycle time* hasil simulasi?

C. Tujuan Tugas akhir

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka tujuan dari penulisan Tugas Akhir, yaitu:

1. Mengidentifikasi pengaruh parameter suhu proses terhadap *cycle time* yang tinggi.
2. Mengetahui parameter suhu proses (*melt temperature* dan *mold temperature*) yang optimal untuk menurunkan *cycle time*.
3. Mengetahui penurunan *cycle time* setelah dilakukan simulasi menggunakan *autodesk moldflow*.

D. Ruang Lingkup

Tugas Akhir ini disusun dengan berbagai batasan terkait permasalahan yang ada, antara lain:

1. Hanya fokus pada pengaruh parameter suhu proses (*melt temperature* dan *mold temperature*) pada mesin *injection molding*.

2. Hanya untuk satu jenis plastik yaitu plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) murni.
3. Data awal yang digunakan hanya dari PT. Mapan Djaya Plastik.

E. Manfaat Tugas akhir

Berdasarkan tujuan Tugas Akhir diatas, maka manfaat yang dapat diambil dari penulisan adalah:

1. Memberikan solusi bagi perusahaan untuk memperoleh kombinasi suhu proses optimal guna menurunkan *cycle time* produksi tutup segel melalui simulasi *moldflow* dan metode *Taguchi* sehingga diperoleh *cycle time* yang rendah.
2. Memberikan pengetahuan mengenai simulasi *moldflow* untuk menurunkan *cycle time* produksi tutup segel dengan metode *Taguchi* kepada civitas akademika Politeknik ATK Yogyakarta.
3. Sebagai acuan penulisan Tugas Akhir selanjutnya mengenai simulasi *moldflow* dan metode *Taguchi* untuk menurunkan *cycle time*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Plastik

Adanya keunggulan plastik seperti ringan, kuat, transparan, tahan air serta harganya relatif murah, maka hampir setiap produk menggunakan plastik baik sebagai kemasan atau sebagai bahan dasar (Susilawati dkk, 2011). Plastik juga dapat digunakan dalam kurun waktu yang lama (Waryat dkk, 2013).

Plastik merupakan suatu polimer yang mempunyai sifat-sifat unik dan luar biasa. Secara garis besar, plastik dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu: plastik *thermoplast* dan plastik *thermoset*. Plastik *thermoplast* adalah plastik yang dapat dicetak berulang-ulang dengan adanya panas. Plastik yang termasuk *thermoplast* antara lain: PE, PP, PS, ABS, SAN, *nylon*, PET, BPT, *polyacetal* (POM), PC dll. Sedangkan plastik *thermoset* adalah plastik yang apabila telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali karena bangun polimernya berbentuk jaringan tiga dimensi plastik yang termasuk plastik *thermoset* adalah: PU (*Poly Urethane*), UF (*Urea Formaldehyde*), MF (*Melamine Formaldehyde*), polyester, epoksi dll (Mujiarto, 2005).

B. Tutup Segel Plastik

Tutup segel dapat didefinisikan sebagai penutup kemasan produk berfungsi untuk melindungi produk didalamnya. Tutup segel merupakan sebuah perangkat yang menyegel produk dalam kemasan akan tetapi dapat dilepas agar produk dapat di akses (Emblem A, 2012).

C. HDPE (*High Density Polyethylene*)

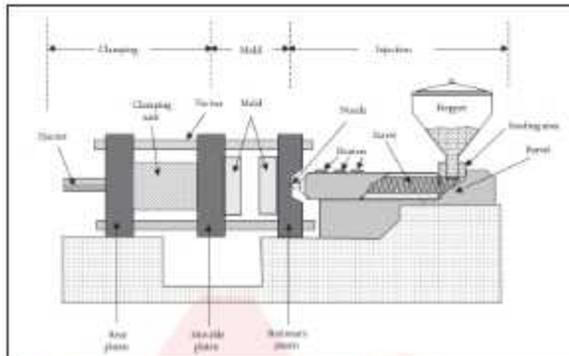
HDPE (*High Density Polyethylene*) merupakan polimer yang termasuk dalam polimer termoplastik golongan poliolefin. HDPE memiliki densitas tinggi ($0,94 - 0,97 \text{ g/cm}^3$) dengan bentuk rantai linier (lurus) dan terstruktur rapi sehingga membuat karakteristiknya menjadi lebih kuat dibandingkan dengan material LDPE (*Low Density Polyethylene*). HDPE dapat dibuat melalui proses *slurry* dengan suhu dan tekanan yang relatif rendah, yaitu polimerisasi koordinasi dimana *Ziegler-Natta* sebagai katalisnya (Rochmadi dan Permono, 2015). HDPE merupakan komoditas bahan plastik terbesar ke tiga di dunia setelah PVC (polivinil klorida) dan PP (polipropilen) dan termasuk dalam jenis termoplastik yang terdiri dari atom karbon dan *hydrogen* yang bergabung dan membentuk produk dengan berat molekul tinggi (Kumar, S dan Singh, R. K, 2013).

D. *Injection Molding* (Cetak Injeksi)

Cetak Injeksi adalah salah satu proses yang paling umum digunakan untuk memproduksi plastik dan merupakan sebuah siklus proses pengisian cetakan, diikuti proses pendinginan dan ejeksi. Bahanbaku yang digunakan merupakan plastik dan non-plastik dimana biasanya bahan berbentuk biji atau bubuk yang kemudian di plastisasi dalam unit injeksi dan disuntikkan kedalam cetakan yang dijepit dibawah tekanan tinggi (500-1500 bar). Cetak injeksi memiliki keuntungan sebagai metode produksi mssal yang sangat ekonomis (Goodship V, 2004).

1. Komponen atau konstruksi mesin injeksi *molding*

Konstruksi mesin injeksi secara umum terdiri dari tiga unit pokok penting yaitu *injection unit*, *clamping unit* dan *mold unit* (Fathoni, 2015). Gambar 1 menunjukkan unit mesin injeksi yang terdiri dari tiga unit yaitu *clamping unit*, *mold unit* dan *injection unit*. (Mukras, 2020).



Gambar 1. Unit Mesin Injeksi

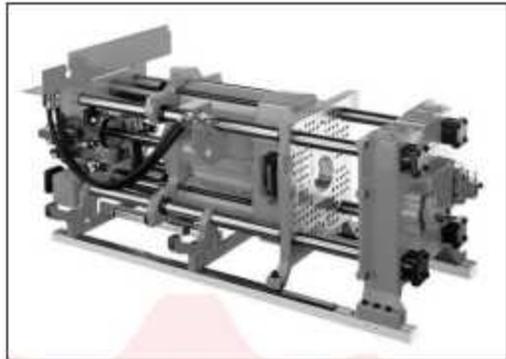
Sumber: Mukras, 2020

a. *Injection Unit*

Injection unit adalah bagian yang berfungsi untuk melelehkan plastik dengan suhu yang disesuaikan dengan material plastik kemudian mendorong cairan ke dalam *cavity* dengan waktu, tekanan, temperatur, dan kepekatannya tertentu.

b. *Clamping Unit*

Clamping unit merupakan bagian yang berfungsi untuk membuka dan menutup *mold* serta memberikan tekanan pada *clamping pressure* guna menjaga *mold* tetap tertutup rapat sehingga material yang diinjeksikan ke dalam *mold* tidak meresap keluar saat proses berlangsung.

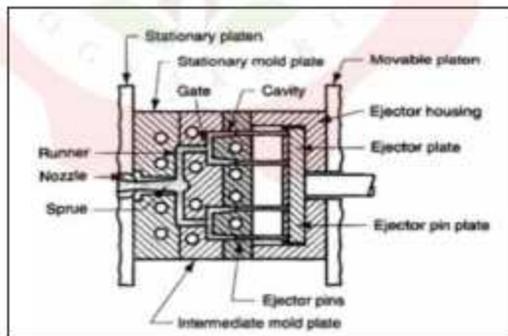


Gambar 2. Unit Clamping

Sumber: Goodship, 2004

c. *Mold Unit*

Mold unit merupakan bagian terpenting mesin *injection molding*, dan memiliki fungsi utama sebagai pembentuk benda yang akan dicetak (Maulana, 2017). Gambar *mold unit* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Unit *Mold*

Sumber : Maulana, 2017

2. Parameter Proses Injeksi

Parameter proses yang berpengaruh dalam proses injeksi menurut Wahyudi U (2015) yaitu:

a. Temperatur leleh (*melt temperature*)

Melt temperature merupakan batas temperatur ketika bahan plastik mulai meleleh saat diberikan energi panas.

b. Batas tekanan (*pressure limit*)

Pressure limit adalah batas tekanan udara yang perlu diberikan untuk menggerakkan piston guna menekan bahan plastik yang telah dilelehkan. Jika tekanan udara terlalu rendah, maka bahan plastik kemungkinan tidak akan keluar atau terinjeksi ke dalam cetakan. Sebaliknya, jika tekanan udara terlalu tinggi maka berakibat pada bahan plastik yang dapat tersedot dari dalam cetakan sehingga proses produksi tidak efisien.

c. Waktu tahan

Waktu tahan adalah waktu yang diukur dari saat temperatur leleh yang di atur telah tercapai hingga keseluruhan bahan plastik yang ada dalam tabung pemanas benar-benar telah meleleh seluruhnya. Hal ini dikarenakan sifat rambatan panas yang memerlukan waktu untuk merambat ke seluruh bagian yang ingin dipanaskan. Waktu tahan yang terlalu cepat dikhawatirkan membuat sebagian bahan plastik didalam tabung pemanas belum meleleh seluruhnya sehingga dapat mempersulit jalannya aliran bahan plastik dari dalam *nozzle*.

d. Waktu Penekanan

Waktu yang diperlukan untuk memberikan tekanan pada piston yang mendorong lelehan plastik disebut waktu penekanan. Tujuan diaturnya waktu penekanan ini adalah untuk meyakinkan bahwa rongga cetak benar - benar telah terisi bahan plastik seluruhnya. Semakin besar ukuran cetakan maka semakin lama waktu penekanan yang diperlukan.

e. Temperatur cetakan (*mold temperature*)

Mold temperature merupakan suhu awal cetakan sebelum lelehan bahan plastik dituang.

f. Kecepatan injeksi (*injection rate*)

Injection rate yaitu kecepatan lajunya lelehan bahan plastik yang keluar dari nozzle untuk mengisi rongga cetak. Pada mesin-mesin injeksi tertentu kecepatan ini dapat terukur, tetapi untuk mesin-mesin injeksi sederhana kadang-kadang tidak dilengkapi dengan pengukur kecepatan ini.

g. *Backpressure* (tekanan balik)

Backpressure adalah tekanan yang terjadi dan sengaja dibuat atau di *adjust* untuk menahan mundurnya *screw* pada saat proses *charging* berlangsung. *Backpressure* ini aktif atau diaktifkan pada mode operasi *Semi-Auto* atau *Full-Auto*. Bila diaktifkan pada saat *Manual Charging*, maka yang terjadi adalah *Drolling*, yaitu keluarnya material plastik cair dari lubang *Nozzle* tanpa mundurnya *Screw* atau *Screw* mundur tetapi memakan waktu lama untuk mencapai *short size*.

E. Waktu Siklus (*cycle time*)

Cycle time atau waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan mesin untuk memproduksi suatu produk (Haq H R, 2018). Menurut Wahyudi U (2015) menyatakan bahwa *cycle time* adalah waktu yang dibutuhkan oleh suatu mesin untuk membuat suatu produk. *Cycle time injection molding*, terbagi dalam beberapa phase yang saling berhubungan yaitu:

1. *Closing the mold*

Male mold bergerak maju ke arah *female mold* (proses menutupnya *mold*).

2. *Injection time*

Waktu yang dibutuhkan *screw* untuk menekan material plastik yang telah dilelehkan masuk kedalam *mold cavity*. *Injection time* ini dipengaruhi oleh *injection stroke*, *injection speed* dan *injection pressure*.

3. *Cooling time*

Waktu yang diperlukan untuk mendinginkan *mold* dan produk. Pendinginan *mold* sebenarnya sudah berlangsung terus menerus, karena air sebagai media pendingin selalu bersikulasi, sehingga waktu pendinginan *mold* ini hanya berfungsi selama *mold* sudah terisi material dan diatur bersamaan dengan waktu *holding time*.

F. Design of Eksperiment (DOE)

Design of Experiments (DOE) adalah teknik jaminan kualitas yang digunakan untuk mencapai proses dan hasil produk yang terbaik. DOE terdiri dari desain eksperimen, perilaku eksperimen, dan analisis data. Merancang eksperimen yang cocok untuk suatu kondisi masalah tertentu merupakan hal penting dalam DOE. Desain yang kuat adalah metodologi

yang digunakan untuk mendesain produk dan proses sedemikian rupa sehingga kinerjanya tidak terpengaruh oleh faktor pengganggu (Krishnaiah K dan Shahabudeen P, 2012).

G. Autodesk Moldflow

Menurut Pramana FR, (2017) menyatakan bahwa *autodesk simulation moldflow* merupakan salah satu cabang dari perusahaan *Autodesk Inc. Moldflow* pertama kali didirikan pada tahun 1978 oleh Colin Austin di Melbourne, Australia. *Autodesk Simulation Moldflow* merupakan *software* yang digunakan untuk melakukan simulasi proses injeksi pada proses plastik *injection molding*. *Autodesk Moldflow* mempunyai dua jenis *software* utama, yaitu: *Moldflow Plastic Insight* dan *Moldflow Plastic Adviser*. *Moldflow plastic adviser* mempunyai fitur analisis terhadap *injection molding* yaitu: *Moldflow Part Adviser* dan *Moldflow Mold Adviser*. *Moldflow Part Adviser* digunakan untuk melakukan analisa pada satu bagian dari benda yang akan diinjeksi sedangkan *Moldflow Mold Adviser* digunakan untuk analisa terhadap sistem yang berhubungan dengan proses injeksi. *Autodesk Simulation Moldflow* membantu para *engineer* untuk melakukan analisa dan simulasi agar mendapatkan hasil injeksi yang paling optimal. *Moldflow* dikhususkan untuk dunia industri plastik *molding*.

H. Metode Taguchi

Metode *Taguchi* adalah metode jaminan kualitas yang dapat memastikan kualitas proses dan produk dengan prosedur desain yang kuat dan memanfaatkan *orthogonal arrays* untuk merancang eksperimen (Krishnaiah K dan Shahabudeen P, 2012). Ada tiga fase utama sebagai langkah penelitian menggunakan metode *Taguchi* yaitu fase perencanaan, fase pelaksanaan dan fase analisis. Pertama yaitu fase perencanaan merupakan fase yang paling penting dari eksperimen untuk menyediakan

informasi yang diharapkan. Fase perencanaan adalah ketika faktor dan levelnya dipilih, dan oleh karena itu, merupakan langkah yang terpenting dalam eksperimen. Kedua yaitu fase pelaksanaan, ketika hasil eksperimen telah didapatkan. Jika eksperimen direncanakan dan dilaksanakan dengan baik, analisis akan lebih mudah dan cenderung untuk dapat menghasilkan informasi yang positif tentang faktor dan level. Ketiga, fase analisis adalah fase ketika informasi positif atau negatif berkaitan dengan faktor dan level yang telah dipilih dihasilkan berdasarkan dua fase sebelumnya. Fase analisis adalah hal penting terakhir yang mana apakah peneliti akan dapat menghasilkan hasil yang positif (Hartono, 2012).

1. Matriks Ortogonal

Dr. Genich Taguchi menyarankan penggunaan *Orthogonal Arrays (OA)* untuk merancang eksperimen. Dia juga telah mengembangkan konsep grafik linier yang menyederhanakan desain eksperimen OA. Desain ini dapat diterapkan oleh para insinyur/ilmuwan tanpa memperoleh pengetahuan statistik tingkat lanjut. Keuntungan utama dari desain ini terletak pada kesederhanaannya, kemampuan beradaptasi yang mudah hingga yang lebih kompleks, eksperimen yang melibatkan sejumlah faktor dengan jumlah level yang berbeda. Mereka menyediakan informasi yang diinginkan dengan jumlah percobaan sesedikit mungkin namun menghasilkan hasil yang dapat direproduksi dengan presisi yang memadai. Metode ini biasanya digunakan untuk mempelajari efek utama dan diterapkan dalam penyaringan/percobaan percontohan (Krishnaiah K dan Shahabudeen P, 2012).

2. Rasio S/N (*Signal to Noise Ratio*)

Parameter setting terbaik dapat ditentukan menggunakan rasio S/N, dimana rasio S/N merupakan persamaan yang

berfungsi untuk menentukan parameter proses yang optimal (Omar dkk, 2016). Menurut Pramono (2001) dalam Fitria (2009) menyatakan bahwa dalam *Taguchi Signal to Noise Ratio (SNR)* digunakan sebagai ukuran performa karakteristik kualitas. Ada tiga SNR, yaitu:

- a. Jenis nominal terbaik atau *Signal to Noise Ratio (SNR)* untuk *nominal the better (n.t.b)*, yang digunakan bila karakteristik mutu mempunyai nilai target tertentu, biasanya bukan nol, dan kerugian mutunya simetris pada kedua sisi target.

$$SNR_{ntb} = 10 \log \frac{\bar{y}^2}{S^2} \quad (1)$$

Dimana:

SNR_{ntb} = rasio SN untuk nilai *nominal the better*
 \bar{y}^2 = rata - rata
 S^2 = varians

- b. Jenis semakin besar semakin baik atau *Signal o Noise Ratio (SNR)* untuk *larger the better (l.t.b)*, yang digunakan apabila karakteristik mutu yang di kehendaki semakin besar maka nilainya semakin baik.

$$SNR_{ltb} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (2)$$

Dimana:

SNR_{ltb} = rasio SN untuk nilai *larger the better*
 n = jumlah data
 y_i = data ke- i
 i = 1,2,3... n

- c. Jenis untuk semakin kecil semakin baik atau *Signal to Noise Ratio* (SNR) *smaller the better* (s.t.b), digunakan jika karakteristik mutunya tidak negatif, idealnya nol.

$$SNR_{stb} = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2\right) \quad (3)$$

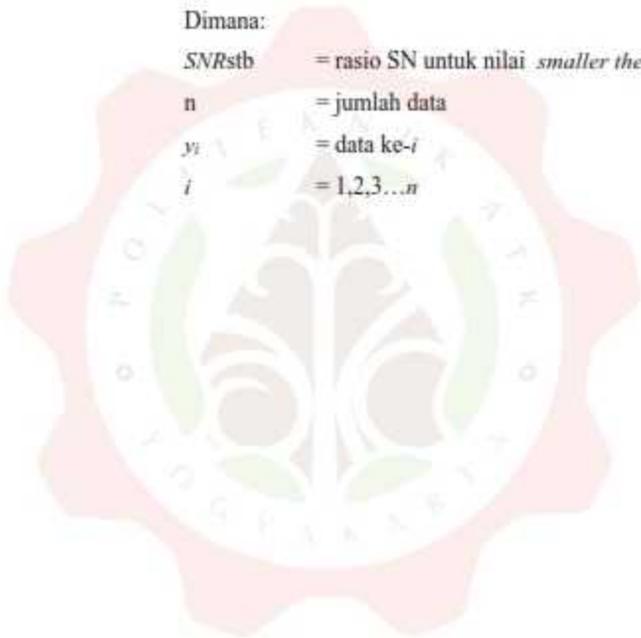
Dimana:

SNR_{stb} = rasio SN untuk nilai *smaller the better*

n = jumlah data

y_i = data ke- i

i = 1,2,3... n



BAB III

METODE TUGAS AKHIR

A. Metode Tugas akhir

Tugas akhir yang akan di kaji berupa penyelesaian masalah (*problem solving*) dimana masalah diperoleh dari perusahaan melalui kegiatan magang kerja yaitu mengenai *cycle time* pembuatan tutup segel plastik menggunakan mesin *injection molding*. Metode yang digunakan untuk penyelesaian masalah pada tugas akhir ini adalah metode *Taguchi*, yaitu metode yang menggunakan desain eksperimen berupa matriks orthogonal sebagai matriks simulasi dan rasio S/N sebagai analisisnya. Ada tiga tahap penyelesaian masalah menggunakan metode *Taguchi* yaitu: (1) Tahap perencanaan, merupakan tahap dimana level dan faktor simulasi telah dipilih dan dibuat matriks orthogonal untuk melakukan simulasi *moldflow*. (2) Tahap pelaksanaan, merupakan tahap pelaksanaan simulasi menggunakan *software* simulasi *autodesk moldflow adviser 2014* hingga didapatkan hasil simulasi berupa nilai *cycle time*. (3) Tahap analisis, merupakan tahap analisis respon rasio S/N berdasarkan nilai *cycle time* hasil simulasi untuk mengetahui kombinasi faktor dan level yang optimal untuk menurunkan *cycle time*.

Data primer untuk tugas akhir ini didapatkan melalui simulasi *moldflow* menggunakan *software* simulasi *autodesk moldflow adviser 2014* dan *software minitab 19*. Sebelum melakukan simulasi *moldflow* dilakukan perencanaan simulasi yaitu berupa pemilihan faktor dan level simulasi dimana faktor yang dipilih adalah *melt temperature* dan *mold temperature* pada mesin *injection molding* dan level yang dipilih terdiri dari tiga level untuk setiap faktor. Faktor dan level simulasi dapat dilihat pada tabel 1. Faktor dan level yang telah dipilih kemudian dibuat matriks orthogonal menggunakan *software minitab 19* untuk membuat matriks simulasi yang

dapat dilihat pada tabel 2. Matriks simulasi berisi kombinasi faktor dan level simulasi untuk sembilan kali simulasi.

Tabel 1. Data Faktor dan Level Simulasi

Kode	Parameter	Level		
		1	2	3
A	<i>Melt Temperature</i>	180°C	210°C	240°C
B	<i>Mold Temperature</i>	32°C	36°C	40°C

Tabel 2. Matriks Simulasi

No. Percobaan	Level	
	A	B
1.	1	1
2.	1	2
3.	1	3
4.	2	1
5.	2	2
6.	2	3
7.	3	1
8.	3	2
9.	3	3

Selanjutnya adalah pelaksanaan simulasi, sebelum simulasi dimulai perlu dilakukan adanya persiapan simulasi yaitu *mengimport* model 3D tutup segel plastik dari *software Solidworks* ke *software autodesk moldflow adviser*, kemudian menentukan parameter proses material dimana pada simulasi ini digunakan material plastik HDPE, selanjutnya menentukan parameter proses *melt temperature* dan *mold temperature*. Setelah parameter proses ditentukan selanjutnya menentukan jenis analisis simulasi yang akan di bahas dimana penulis memilih jenis analisis *cycle time*. Setelah jenis analisa dipilih kemudian dilakukan proses simulasi menggunakan

autodesk moldflow adviser 2014. Hasil simulasi berupa nilai *cycle time* dari sembilan simulasi. Setelah nilai *cycle time* hasil simulasi diperoleh selanjutnya masuk ke tahap analisis. Analisis yang digunakan adalah analisis rasio S/N, rasio S/N merupakan persamaan yang digunakan untuk menentukan parameter proses optimal. Jenis analisis rasio S/N yang dipilih adalah *smaller is better* karena semakin kecil nilai *cycle time* maka hasil simulasi semakin baik. Semakin tinggi nilai rasio S/N maka semakin optimal hasil simulasi. Semakin tinggi nilai delta (selisih rasio S/N tertinggi dan terendah) maka semakin signifikan pengaruhnya terhadap *cycle time*. Data hasil simulasi beserta analisis dan perhitungannya dapat dilihat pada BAB IV hasil dan pembahasan.

Adapun untuk mendukung kelengkapan tugas akhir ini penulis melakukan observasi pada bagian produksi pembuatan tutup segel plastik yaitu pada mesin *injection molding* nomor 7, penulis juga melakukan wawancara dengan pihak perusahaan terkait permasalahan yang terdapat pada mesin *injection molding* tersebut yaitu mengenai *cycle time*, parameter proses dan lain-lain. Selain itu penulis juga melakukan dokumentasi saat praktik kerja lapangan di PT. Mapan Djaya Plastik. Selain itu penulis juga menggunakan data sekunder yang diperoleh melalui studi pustaka yaitu berupa jurnal, skripsi, tugas akhir, artikel dan lain-lain yang berhubungan dengan permasalahan pada tugas akhir ini yaitu *cycle time*.

B. Lokasi Magang

Kegiatan magang kerja dilakukan di PT. MAPAN DJAYA PLASTIK yang berlokasi di Jl. Industri VIII No. 1B, Terboyo Megah, Semarang, Jawa Tengah. Kegiatan ini dilakukan pada tanggal 22 Maret – 30 April 2021 pada bagian produksi.

C. Materi

Materi dalam penyusunan Tugas Akhir berkaitan dengan permasalahan yang ditemui saat melaksanakan kegiatan magang di bagian

produksi PT. Mapan Djaya Plastik yaitu mengenai pengoptimalisasian *cycle time* produk tutup segel plastik. Hasil pengamatan meliputi alat yang digunakan, bahan baku dan parameter setting pembuatan tutup segel plastik diuraikan sebagai berikut:

1. Alat dan Mesin

a. Mesin *Mixer*

Mesin *mixer* digunakan pada tahap persiapan bahan untuk mencampur material plastik HDPE murni dengan bahan pewarna Holcomaster yang digunakan untuk membuat tutup segel satu liter.



Gambar 4. Mesin *Mixer*

Sumber: PT. Mapan Djaya Plastik 2021.

b. Mesin *Injection Molding* / Mesin Cetak Injeksi

Mesin cetak injeksi merupakan mesin utama dalam proses pembuatan produk tutup segel satu liter. Prinsip kerjanya yaitu dengan melelehkan material plastik HDPE yang sudah dicampur pewarna Holcomaster di dalam barrel hingga

terbentuk cairan atau lelehan kemudian lelehan tersebut di injeksikan atau di suntikkan kedalam *mold* hingga memenuhi *cavity* lalu dilakukan proses pendinginan kemudian pengeluaran produk jadi berupa tutup segel satu liter. Mesin yang digunakan adalah mesin *injection molding* HAITIAN MA 1600.



Gambar 5. Mesin Cetak Injeksi

Sumber: PT. Mapan Djaya Plastik 2021

c. Mesin *Crusher* / Mesin Pencacah

Mesin pencacah berfungsi untuk mencacah produk tutup segel satu liter yang gagal atau *reject* untuk dijadikan *afval* atau material *recycle* sebagai bahan campuran dalam membuat produk tutup segel satu liter.



Gambar 6. Mesin *Crusher*

Sumber: PT. Mapan Djaya Plastik 2021

d. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang berat produk sehingga diketahui apakah sudah memenuhi berat produk yang sesuai atau belum.



Gambar 7. Timbangan

Sumber; PT. Mapan Djaya Plastik 2021

e. Pisau Batil

Pisau batil digunakan untuk merapikan tutup segel satu liter yang masih terdapat sedikit *flashing* di bagian tepinya (*trimming*).



Gambar 8. Pisau Batil

Sumber: PT. Mapan Dajaya Plastik 2021

f. *Autodesk Moldflow Adviser 2014*

Autodesk Moldflow Adviser 2014 digunakan untuk melakukan simulasi percobaan dan mengetahui parameter hasil simulasi.

g. *Software Minitab 19*

Software Minitab 19 digunakan untuk membuat *orthogonal array* atau matriks ortognal untuk menentukan faktor dan level yang digunakan dalam simulasi, mengetahui S/N rasio sehingga dapat diketahui faktor mana yang memiliki pengaruh paling signifikan dan mengetahui level optimal untuk menurunkan *cycle time*.

2. Bahan

a. Plastik HDPE murni



Gambar 9. Plastik HDPE Murni
Sumber: PT. Mapan Djaya Plastik 2021

b. Pewarna Holcomaster Merah atau Putih



(a)



(b)

Gambar 10. Pewarna Holcomaster

(a) Holcomaster Merah Bubuk (b) HCA Putih Kristal

Sumber: PT. Mapan Djaya Plastik 2021

- c. *Afval* HDPE, digunakan dengan perbandingan 1:1 dengan material HDPE murni.

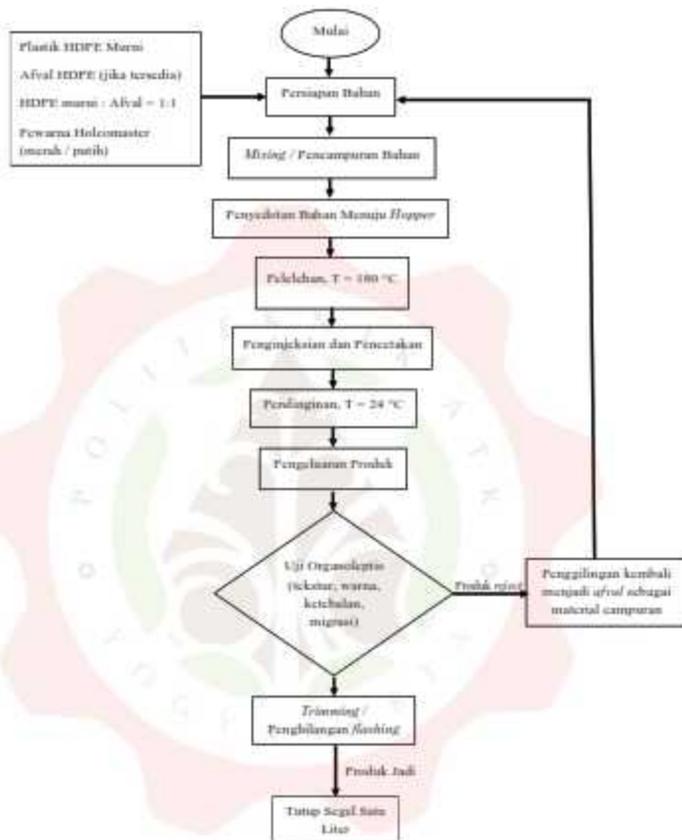


Gambar 11. Campuran HDPE murni dan *Afval*
Sumber: PT. Mapan Djaya Plastik 2021

d. Model 3D

Model 3D digunakan sebagai model simulasi pada *autodesk moldflow adviser 2014*, model 3D dibuat menggunakan *software solidworks 2013* oleh pihak perusahaan.

D. Tahapan Proses Pembuatan Tutup Segel Satu Liter



Gambar 12. Diagram Alir Proses Pembuatan Tutup Segel

Berdasarkan diagram alir proses pada gambar 12 dapat diketahui bahwa proses pembuatan tutup segel plastik dimulai dengan persiapan bahan dimana bahan yang disiapkan adalah material plastik HDPE murni, pewarna Holcomaster (warna putih atau merah) dan material daur ulang tutup segel satu liter atau biasa disebut *afal* (jika tersedia). Kedua bahan

tersebut kemudian di campur menggunakan mesin *mixing* selama 3 menit hingga homogen. Setelah proses pencampuran selesai material kemudian di sedot menuju *hopper*. Setelah masuk kedalam *hopper* kemudian material dialirkan menuju barrel untuk dilelehkan setelah material meleleh kemudian diinjeksikan kedalam *mold* hingga memenuhi *cavity* dan dilakukan proses pendinginan lalu dikeluarkan. Produk dilakukan pengecekan terlebih dahulu oleh operator mesin. Pengecekan berupa pengecekan secara organoleptis meliputi tekstur, warna, ketebalan dan migrasi. Produk yang sudah sesuai kemudian dilanjutkan ke proses *trimming* untuk menghilangkan sedikit material berlebih (*flashing*) pada produk. Apabila terdapat produk cacat yang tidak dapat di tolerir maka produk tersebut kemudian dihancurkan menggunakan mesin *crusher* untuk dijadikan material daur ulang (*afval*).

E. Tahap Penyelesaian Tugas akhir



Gambar 13. Diagram Alir Proses Penyelesaian Masalah

Berdasarkan diagram alir proses penyelesaian masalah pada gambar 13, penyelesaian masalah pada tugas akhir ini dimulai dengan membuat desain eksperimen berupa pemilihan faktor dan level simulasi serta pembuatan matriks simulasi untuk melakukan simulasi sebanyak sembilan kali. Setelah matriks simulasi dibuat kemudian melakukan simulasi penurunan *cycle time* tutup segel plastik menggunakan *software autodesk moldflow adviser 2014* hingga diperoleh nilai *cycle time* hasil simulasi. Kemudian nilai *cycle time* tersebut dianalisis menggunakan *software minitab 19* untuk menentukan nilai rasio S/N guna mengetahui kombinasi level faktor yang optimal untuk menurunkan *cycle time*. Setelah nilai *cycle time* optimal diperoleh maka penyelesaian masalah selesai.

