

TUGAS AKHIR
SIMULASI DAN ANALISIS INJEKSI PLASTIK *TUBE CHA-CHA*
MENGGUNAKAN *AUTODESK MOLDFLOW*



Disusun Oleh:

UPIK WIJAYANTI

NIM. 2003027

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA
BADAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA MANUSIA INDUSTRI
POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA

2023

TUGAS AKHIR
SIMULASI DAN ANALISIS INJEKSI PLASTIK *TUBE* CHA-CHA
MENGGUNAKAN *AUTODESK MOLDFLOW*



Disusun Oleh:

UPIK WIJAYANTI

NIM. 2003027

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA
BADAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA MANUSIA INDUSTRI
POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA

2023

PENGESAHAN

SIMULASI DAN ANALISIS INJEKSI PLASTIK *TUBE* CHA-CHA MENGUNAKAN *AUTODESK MOLDFLOW*

Disusun Oleh:

UPIK WIJAYANTI

NIM. 2003027

Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik

Pembimbing



Dr. Eng. RB. Seno Wulung, ST., MT.

NIP. 19800113 200312 1 001

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir dan dinyatakan memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk mendapatkan Derajat Ahli Madya Diploma III (D3)

Politeknik ATK Yogyakarta

Tanggal: 10 Agustus 2023

TIM PENGUJI

Ketua



Andri Saputra, M.Eng.

NIP. 19930122 202012 1 002

Anggota



Dr. Eng. RB. Seno Wulung, ST., MT.

NIP. 19800113 200312 1 001



Suharyanto, S.T., M.T.

NIP. 19650109 198602 1 001



Yogyakarta, 21 Agustus 2023

Direktur Politeknik ATK Yogyakarta



Drs. Sugriyanto, S.Sn., M.Sn.

NIP. 19660101 199403 1 008

PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan berkah dan karunia-Nya sehingga diberi kemudahan serta kelancaran dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Diri saya sendiri, terimakasih sudah berjuang dan bertahan sampai sejauh ini untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai.
2. Orang tua (Bapak Purwanto dan Ibu Sukaryati) dan Saudara (Safri Sahrizal) saya yang selalu mendoakan tanpa lelah, memberi dukungan, pengorbanan, perjuangan, dan nasehat sebagai bekal menjalani kehidupan.
3. Wulan dan Irfan selaku pembimbing perusahaan yang telah banyak membagi ilmu dan pengalaman yang sangat bermanfaat dan berharga.
4. Susi, Risca, Pradita, Zahra, Elyka, Astri, Septia, dan Septa yang telah menjadi rekan dan sahabat selama berkuliah di Politeknik ATK Yogyakarta.
5. M. S. A. yang telah menjadi motivasi untuk selalu berangkat kuliah dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman kos tahu, DPM, dan TPKP A 2020 yang telah mengisi hari-hari bahagia selama di Yogyakarta.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu. Tugas Akhir ini disusun untuk mencapai gelar Ahli Madya Diploma III Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik Politeknik ATK Yogyakarta.

Penulisan dan penyusunan laporan akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak sehingga laporan ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dalam kesempatan kali ini penulis menyampaikan banyak terimakasih kepada:

1. Drs. Sugiyanto, S.Sn., M.Sn. selaku Direktur Politeknik ATK Yogyakarta.
2. Dr. R.L.M Satrio Ari Wibowo, S.Pl., MP., IPU., ASEAN Eng selaku Pembantu Direktur I.
3. Suharyanto, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik.
4. Dr. Eng. RB. Seno Wulung, S.T., M.T. selaku Dosen pembimbing Tugas Akhir.
5. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca serta dapat dijadikan sebagai sumbangan pemikiran untuk perkembangan pendidikan.

Yogyakarta, Juni 2023

Penulis

MOTTO

“Ketika kamu ikhlas menerima semua kekecewaan hidup maka Allah akan
membayar tuntas semua kecewa mu dengan beribu – ribu kebaikan”

(Ali bin Abi Thalib)



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
MOTTO.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
INTISARI.....	xi
<i>ABSTRACT</i>	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Tujuan Tugas Akhir.....	4
E. Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Plastik Kemasan.....	6
B. Cetak Injeksi.....	7
C. <i>Quality Control</i> (QC).....	11
D. <i>Tube Cha-Cha</i>	12

E. <i>Sink Mark</i>	13
F. <i>Autodesk Moldflow</i>	14
G. Penelitian Terdahulu	14
BAB III MATERI DAN METODE TUGAS AKHIR.....	16
A. Metode Penyelesaian Masalah.....	16
B. Lokasi dan Waktu Pelaksanaan Magang.....	17
C. Materi Pelaksanaan Tugas Akhir.....	17
D. Diagram Alir Percobaan.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
A. Simulasi Penggunaan <i>Software Autodesk Moldflow</i> Terhadap Data Lapangan.....	24
B. Simulasi Penggunaan <i>Software Autodesk Moldflow</i> Terhadap Data Percobaan	25
C. Simulasi Penggunaan <i>Software Autodesk Moldflow</i> Untuk Mencari Nilai Terbaik	27
D. Hasil Visual <i>Sink Mark</i> Terbesar dan Terkecil Dari Simulasi <i>Autodesk Moldflow</i>	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	30
A. Kesimpulan	30
B. Saran.....	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Faktor Simulasi.....	21
Tabel 3.2 Matriks Simulasi.....	21
Tabel 4.1 Pengaturan Parameter Data Lapangan.....	24



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin Injeksi Molding	8
Gambar 2.2 Bagian <i>Clamping Unit</i> Pada Mesin Injeksi Molding	8
Gambar 2.3 Bagian <i>Moulding Unit</i> Pada Mesin Injeksi Molding	9
Gambar 2.4 Bagian <i>Injection Unit</i> Pada Mesin Injeksi Molding.....	9
Gambar 2.5 <i>Tube Cha-Cha</i>	13
Gambar 3.1 Dimensi Ukuran <i>Tube Cha-Cha</i>	18
Gambar 3.2 Model 3D <i>Tube Cha-Cha</i>	19
Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Simulasi.....	20
Gambar 4.1 Hasil Simulasi Data Lapangan	25
Gambar 4.2 Grafik <i>max sink depth</i> suhu leleh (a) 240°C, (b) 220°C, (c) 200°C ..	26
Gambar 4.3 Grafik <i>max sink depth</i> hasil simulasi	27
Gambar 4.4 Hasil Visual <i>Sink Mark</i> Terbesar	29
Gambar 4.5 Hasil Visual <i>Sink Mark</i> Terkecil.....	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Output Hasil Simulasi <i>Autodesk Moldflow</i>	35
Lampiran 2. Lembar Kerja Harian Magang.....	41
Lampiran 3. Sertifikat Magang.....	48



INTISARI

Meningkatnya permintaan pelanggan di pasar mendorong industri untuk menghasilkan produk berkualitas baik. *Sink mark* adalah lekukan atau cekungan pada permukaan produk yang mempengaruhi penampilan produk. *Sink mark* dapat dipengaruhi oleh pengaturan parameter proses yang meliputi suhu cetakan, suhu leleh, dan tekanan injeksi. Sayangnya, proses penentuan parameter produksi dilakukan secara manual dan memakan waktu. Proses tersebut akan menyebabkan proses produksi yang tidak efisien di perusahaan. Oleh karena itu, tugas akhir ini bertujuan untuk meminimalkan cacat *sink mark* menggunakan simulasi *autodesk moldflow*. Hasil percobaan menunjukkan bahwa penggunaan *software autodesk moldflow* dapat mengurangi cacat *sink mark* pada produk *Tube Cha-Cha* sebesar 4,83%. Selain itu, hasil simulasi juga menunjukkan bahwa proses dapat memperkirakan waktu dalam proses produksi.

Kata kunci: *autodesk moldflow*, parameter proses, *sink mark*



ABSTRACT

Increasing customer demand in the market drives the industry to produce good quality products. Sink marks are indentations or depressions on the surface of the product that affect the appearance of the product. Sink marks can be affected by process parameter settings which include mold temperature, melt temperature, and injection pressure. Unfortunately, the process of determining production parameters is conducted manually and is time-consuming. That process will lead to inefficient production processes in the company. Therefore, this final work aims to minimize sink mark defects using Autodesk Moldflow simulations. The results show that the use of Autodesk Moldflow software can reduce sink mark defects for Tube Cha-Cha products by 4,83%. Moreover, the results also indicate that the simulation process can estimate the time in the production process.

Keywords: *autodesk moldflow, process parameters, sink mark*



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri kemasan plastik berperan penting dalam rantai pasok bagi sektor strategis lainnya seperti industri makanan, minuman, farmasi, kosmetika, serta elektronika. Berdasarkan Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN), Kementerian Perindustrian menetapkan industri plastik hilir sebagai sektor prioritas pengembangan pada tahun 2015 – 2035. Kementerian Perindustrian (2019) mencatat jumlah industri plastik hingga saat ini mencapai 925 perusahaan yang memproduksi berbagai macam produk plastik dalam satu tahun terakhir. Sehingga setiap pelaku industri plastik harus mampu menghasilkan produk dengan kualitas terbaik dan harga yang terjangkau agar dapat bersaing dalam dunia bisnis.

Salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang plastik kemasan adalah PT Camiloplas Jaya Makmur. PT Camiloplas Jaya Makmur merupakan perusahaan yang memproduksi plastik kemasan berbahan dasar *polyethylene* (PET), *high impact polystyrene* (HIPS), dan *polypropylene* (PP) dengan berbagai ukuran, jenis, bentuk, dan warna serta menjadi salah satu perusahaan penyedia plastik kemasan yang berada di wilayah Tangerang. Selain menjadi pemasok dalam negeri, PT Camiloplas Jaya Makmur juga melakukan ekspor ke berbagai negara di Asia. PT Camiloplas Jaya Makmur sangat mengutamakan kualitas mutu untuk dapat

menghasilkan produk yang bisa diterima di pasaran atas keunggulan dan kualitas yang dihasilkan.

Cetak injeksi menjadi teknik manufaktur yang sering digunakan dalam pengolahan plastik (Othman *et al*, 2017). Begitu juga dengan PT Camiloplas Jaya Makmur yang menggunakan mesin cetak injeksi pada proses produksi Tube Cha-Cha. Menurut Othman *et al* (2017), *injection molding* memiliki beberapa keunggulan diantaranya kapasitas produksi besar dan mampu memproduksi dengan kompleksitas yang tinggi. Meskipun demikian, proses *injection molding* memiliki potensi cacat dalam menghasilkan produk akhirnya. Salah satu cacat yang terjadi pada produksi Tube Cha-Cha adalah *sink mark*. Tube Cha-Cha yang dikategorikan sebagai cacat *sink mark* adalah produk yang memiliki cekungan atau lengkungan pada permukaan luarnya. Cacat *sink mark* biasa terjadi pada bagian bawah Tube Cha-Cha, bagian bawah Tube Cha-Cha adalah bagian yang sangat penting, karena mempengaruhi kualitas dan penampilan dari produk. Presentase cacat *sink mark* pada produksi Tube Cha-Cha di PT Camiloplas Jaya Makmur sebesar 3,28%. Presentase cacat tersebut melebihi batas standar yang terdapat pada perusahaan yaitu sebesar 3%. Tingginya presentase cacat *sink mark* pada perusahaan harus diminimalisasi agar kualitas penjualan tidak menurun dan produksi menjadi lebih efisien.

Menurut Ghanim *et al* (2017), *sink mark* dapat dipengaruhi oleh pengaturan parameter proses yang meliputi suhu cetakan, suhu leleh, dan tekanan injeksi. Langkah perbaikan yang seringkali diambil adalah

melakukan percobaan langsung pada mesin injeksi dengan mengubah beberapa parameter pengaturan proses injeksi (Harshal, 2015). Namun langkah ini mengandung resiko banyaknya material yang terbuang dan waktu yang digunakan. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengestimasi waktu dan biaya adalah menggunakan *software computer aided engineering* (CAE) untuk mencari parameter proses terbaik.

CAE merupakan alat bantu pendekatan rekayasa numerik untuk mendapatkan hasil semirip mungkin dengan yang akan dilakukan pada kondisi nyata. Teknologi CAE digunakan untuk memprediksi jumlah atau jenis cacat maupun *error* pada produk yang dihasilkan sebelum proses injeksi berlangsung pada mesin injeksi plastik (Chourychai *et al*, 2016). Salah satu perangkat lunak CAE yang sering digunakan dalam injeksi plastik adalah *autodesk simulation moldflow*. *Software* ini mampu menganalisis letak *gate* yang paling efisien, waktu yang diperlukan untuk satu kali proses injeksi, tekanan injeksi, temperatur, dan lain sebagainya. Hasil analisis *autodesk simulation moldflow* menjadi panduan untuk menentukan pengaturan parameter proses di mesin injeksi sehingga mempercepat proses uji coba yang dilakukan pada mesin injeksi plastik (Solanki *et al*, 2021).

Oleh karena itu, penulis mencoba untuk memecahkan permasalahan tersebut menggunakan percobaan simulasi *autodesk simulation moldflow*. Simulasi menggunakan *autodesk simulation moldflow* diharapkan mampu menjadi solusi untuk menemukan parameter proses (suhu cetakan, suhu

leleh, dan tekanan injeksi) yang terbaik agar dapat mengurangi *sink mark* pada produk *Tube Cha-Cha*.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah Tugas Akhir ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh parameter proses (suhu cetakan, suhu leleh, dan tekanan injeksi) terhadap cacat *sink mark* pada *Tube Cha-Cha*?
2. Bagaimana parameter proses (suhu cetakan, suhu leleh, dan tekanan injeksi) terbaik untuk mengurangi cacat *sink mark* pada *Tube Cha-Cha*?
3. Berapa besar penurunan *sink mark index* hasil simulasi pada *Tube Cha-Cha*?

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam Tugas Akhir terkait permasalahan yaitu:

1. Hanya fokus pada parameter proses (suhu cetakan, suhu leleh, dan tekanan injeksi) pada mesin injeksi plastik.
2. Hanya untuk satu jenis plastik yaitu plastik *polypropylene* (PP).
3. Percobaan menggunakan *autodesk moldflow* hanya digunakan sebagai simulasi.

D. Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan pemecahan masalah dalam penulisan Tugas Akhir yaitu:

1. Mempelajari pengaruh parameter proses (suhu cetakan, suhu leleh, dan tekanan injeksi) yang memberikan hasil terbaik untuk mengurangi cacat *sink mark* pada *Tube Cha-Cha*.
2. Menentukan parameter proses (suhu cetakan, suhu leleh, dan tekanan injeksi) terbaik untuk mengurangi cacat *sink mark* pada *Tube Cha-Cha*.
3. Mengetahui berapa besar penurunan *sink mark index* hasil simulasi pada *Tube Cha-Cha*.

E. Manfaat

Berdasarkan tujuan Tugas Akhir yang telah diuraikan di atas, diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain sebagai berikut:

1. Manfaat bagi ilmu pengetahuan untuk menambah wawasan mengenai parameter proses (suhu cetakan, suhu leleh, dan tekanan injeksi) penyebab terjadinya cacat *sink mark* pada *Tube Cha-Cha*.
2. Manfaat bagi perusahaan sebagai saran atau masukan dalam mengatasi masalah minimalisasi cacat *sink mark* pada produk *Tube Cha-Cha*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Plastik Kemasan

Menurut Permono (2015), plastik merupakan polimer dengan rantai panjang molekul yang terdiri dari berbagai elemen seperti hidrogen, karbon, oksigen, nitrogen, belerang, dan klorin. Plastik memiliki banyak jenis yang dibagi berdasarkan karakteristik yang berpengaruh pada kegunaannya yang berbeda antara satu jenis plastik dengan jenis plastik lainnya. Berikut beberapa jenis plastik yang terdiri dari:

1. PET atau PETE (*Polyethylene Terephthalate*)

PET adalah polimer termoplastik serbaguna yang termasuk dalam kelompok polimer poliester. Plastik jenis ini memiliki ketahanan kimia yang baik, mudah diproses, transparan, ketahanan aus yang sangat baik, stabilitas dimensi, dan memiliki stabilitas termal yang baik. PET dengan berbagai sifatnya dianggap sebagai bahan yang sangat baik untuk berbagai aplikasi seperti botol, produk mobil, barang rumah tangga, instrumen elektronik dan listrik, dan barang-barang olahraga (Modesta dan Zaidir, 2019).

2. PP (*Polypropylene*)

PP adalah material plastik hasil polimerisasi dari molekul-molekul propilen. PP memiliki rantai molekul polimer yang sangat panjang dengan sifat kaku, tidak berbau, dan tahan terhadap pelarut kimia asam maupun basa. Plastik PP menjadi pilihan terbaik untuk bahan plastik

terutama untuk produk yang berhubungan dengan makanan dan minuman serta tempat penyimpanan makanan, botol minuman, dan terpenting botol minum untuk bayi (Andini, 2021).

3. HIPS (*High Impact Polystyrene*)

Menurut Permono (2015), HIPS merupakan salah satu produk dari polistiren dimana telah melalui proses polimerisasi lanjut. Produk HIPS bersifat tidak tembus cahaya, lebih keras, dan lebih mudah pembuatannya dibandingkan dengan produk polimer termoplastik lainnya (Nurhayati *et al*, 2016).

Penggunaan kemasan dapat meningkatkan nilai tambah dan melindungi produk dari faktor yang dapat menurunkan kualitas. Menurut Wardani *et al* (2018) hampir setiap produk menggunakan plastik sebagai kemasan atau bahan dasar. Material plastik banyak digunakan karena memiliki kelebihan dengan sifatnya yang ringan, transparan, tahan air serta harganya relatif murah dan terjangkau bagi semua kalangan masyarakat. Segala keunggulan ini membuat plastik banyak digemari dan digunakan dalam setiap aspek kehidupan manusia.

B. Cetak Injeksi

Cetak injeksi merupakan metode pembentukan material termoplastik dengan cara menginjeksikan lelehan material ke dalam cetakan. Menurut Permana, *et al* (2021) menjelaskan bahwa mesin injeksi merupakan salah satu operasi yang serbaguna untuk memproduksi komponen plastik yang kompleks secara massal dengan toleransi ukuran

yang sempurna. Hal ini disebabkan pada proses cetak injeksi hanya memerlukan operasi minimal tanpa proses *finishing*. Mesin injeksi molding ditunjukkan pada Gambar 2.1.

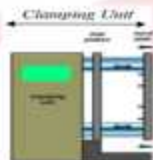


Gambar 2.1 Mesin Injeksi Molding
(Sumber: Permana *et al.*, 2021)

Komponen pada mesin injeksi dibagi menjadi tiga garis besar yaitu:

1. *Clamping Unit*

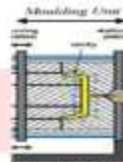
Clamping unit merupakan tempat cetakan diletakkan, membuka dan menutup cetakan secara otomatis, dan mengeluarkan *part* yang sudah selesai dibentuk. *Clamping unit* dapat mengatur berapa panjang gerakan *mold* saat dibuka dan berapa panjang *ejector* harus bergerak (Widyatmoko, 2017). Bagian *clamping unit* ditunjukkan oleh Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Bagian *Clamping Unit* Pada Mesin Injeksi Molding
(Sumber: Abdurrokhman, 2012)

2. *Moulding Unit*

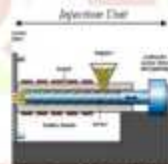
Moulding unit merupakan bagian terpenting untuk mencetak produk plastik. Bentuk produk plastik sangat bergantung dari bentuk cetakan (Prasetya, 2015). Bagian *moulding unit* ditunjukkan oleh Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Bagian *Moulding Unit* Pada Mesin Injeksi Molding
(Sumber: Abdurrohman, 2012)

3. *Injection Unit*

Injection unit merupakan tempat untuk melelehkan dan memasukkan material plastik ke dalam cetakan (Widyatmoko, 2017). Bagian *injection unit* pada mesin injeksi plastik ditunjukkan oleh Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Bagian *Injection Unit* Pada Mesin Injeksi Molding
(Sumber: Abdurrohman, 2012)

Parameter yang digunakan dalam proses *injection molding* sangat bervariasi, hal ini dilakukan untuk menghasilkan suatu produk dengan kualitas yang terbaik. Menurut Mawardi *et al* (2015), pengaturan parameter pada mesin *injection molding* akan berpengaruh pada kualitas produk plastik yang dihasilkan. *Sink mark* merupakan lekukan atau cekungan pada

permukaan produk yang mempengaruhi penampilan produk. Adapun parameter yang berpengaruh terhadap *sink mark* adalah:

1. Suhu Cetakan

Suhu cetakan merupakan suhu pemanasan awal cetakan sebelum lelehan plastik diinjeksikan ke dalam cetakan. Suhu cetakan berpengaruh terhadap cacat *sink mark* karena suhu yang tidak tepat dapat menyebabkan produk plastik tidak dapat terbentuk dengan baik, mengalami penyusutan, keretakan, dan kekerasan (Faroqi, 2022).

2. Suhu Leleh

Suhu leleh merupakan batas suhu dimana bahan plastik mulai meleleh apabila diberikan energi panas atau perlakuan panas. Suhu leleh material akan berpengaruh terhadap cacat *sink mark* karena dapat mempengaruhi viskositas dan berat molekular (Yanto *et al.*, 2018). Jika suhu leleh terlalu tinggi maka plastik akan menjadi terlalu cair sehingga tidak dapat mengisi cetakan dengan benar. Sedangkan jika suhu leleh terlalu rendah maka plastik akan menjadi terlalu kental dan sulit diinjeksikan ke dalam cetakan.

3. Tekanan Injeksi

Tekanan Injeksi merupakan tekanan yang digunakan untuk menginjeksikan cairan plastik kedalam cetakan. Tekanan injeksi berpengaruh terhadap cacat *sink mark* karena tekanan yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menyebabkan produk tidak terisi penuh, berongga, berkenut, dan berubah bentuk (Cahyadi, 2014).

4. Waktu Pendinginan

Waktu pendinginan adalah waktu pendinginan setelah cairan material plastik diinjeksikan ke dalam cetakan. Waktu pendinginan berpengaruh terhadap cacat *sink mark* karena menentukan seberapa cepat dan merata produk plastik mengeras (Cahyadi, 2014). Jika waktu pendinginan terlalu singkat maka produk akan mengalami penyusutan, retak, dan berubah bentuk. Sedangkan jika waktu pendinginan terlalu lama maka produk plastik akan kehilangan kualitas permukaan, warna, dan kekuatan. Akan tetapi, *software autodesk moldflow adviser* tidak memiliki pilihan pengaturan waktu pendinginan secara eksplisit (Autodesk Inc, 2018).

C. *Quality Control (QC)*

Menurut Ahyari (2002), *quality control* adalah segala aktivitas untuk menjaga dan mengarahkan agar mutu atau kualitas produk dapat dipertahankan sebagaimana yang telah direncanakan. Menurut Heizer dan Render (2013), tujuan *quality control* yaitu peningkatan kepuasan pelanggan, penggunaan biaya yang serendah-rendahnya, dan selesai tepat pada waktunya.

Menurut Hadi (2017), *quality control* memiliki beberapa kegunaan sebagai berikut:

1. Untuk memperoleh barang yang dapat dipercaya konsumen. Tingkat kepercayaan (*reability*) suatu produk akan lebih baik apabila dibuat menurut standar yang telah ditetapkan.

2. Untuk memperoleh keseimbangan dalam mencapai kuantitas dan kualitas produk.
3. Mengendalikan proses produksi untuk menghasilkan produk yang dapat diterima oleh konsumen.

Menurut Farida (2022), *quality control* yang kurang diperhatikan akan mengakibatkan hal-hal sebagai berikut:

1. Sebagian besar produk akan ditolak oleh konsumen karena tidak memenuhi standar kualitas.
2. Kesulitan dalam produksi karena adanya produk yang cacat atau rusak.
3. Keterlambatan produksi yang akan menghabiskan banyak biaya.

Berdasarkan uraian diatas maka *quality control* (QC) sangat diperlukan di suatu perusahaan untuk menjaga kualitas produk dan kepercayaan konsumen.

D. Tube Cha-Cha

Tube Cha-Cha merupakan kemasan plastik berbentuk tabung yang digunakan sebagai wadah permen coklat merk Cha-Cha. Tube Cha-Cha terbuat dari plastik jenis polipropilena. Tube Cha-Cha termasuk jenis kemasan primer, yaitu kemasan yang mengalami kontak langsung dengan produk (Rini *et al.*, 2015). Tube Cha-Cha ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Tube Cha-Cha*
(Sumber: Delfi Limited, 2016)

E. *Sink Mark*

Sink mark merupakan lekukan atau cekungan pada permukaan produk yang mempengaruhi penampilan produk. *Sink mark* sering menjadi masalah apabila produk yang dihasilkan harus memperlihatkan kualitas penampilan, sehingga dapat dikatakan bahwa *sink mark* termasuk cacat produk yang terbentuk dipermukaan dan mengakibatkan menurunnya kualitas produk yang dihasilkan (Huda, 2020).

Menurut Rosato (2000), *sink mark* juga menyebabkan produk tidak diterima atau *reject*. Penyebab *sink mark* antara lain yaitu:

1. Suhu barrel yang terlalu tinggi mengakibatkan penyerapan panas oleh dinding cetakan yang terlalu besar.
2. Tekanan yang rendah atau waktu injeksi yang kurang menyebabkan terbentuknya kekosongan yang berlebihan antar molekul plastik.
3. Daerah kosong antar molekul plastik menyebabkan derajat penyusutan *sink mark* semakin besar.

F. Autodesk Moldflow

Menurut Budiyanoro (2016), *autodesk moldflow* merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk mensimulasikan desain produk plastik, desain cetakan plastik, dan proses *injection molding* menjadi lebih cepat. Simulasi dapat dilakukan dengan metode *single cavity* maupun multi *cavity*. *Autodesk moldflow* dapat melakukan simulasi proses *injection molding* yang sangat mirip dengan keadaan sebenarnya, sehingga bisa diketahui kekurangan dari sistem *injection molding* yang telah dirancang.

Menurut Sahlan (2021), *autodesk moldflow* menggunakan metode *finite element analysis* (FEA) yang didalamnya terdapat modul dengan berbagai aspek proses yang disimulasikan. FEA adalah metode komputerisasi untuk memprediksikan pengaruh produk terhadap gaya, getaran, panas, aliran fluida, dan efek fisik lainnya. *Autodesk moldflow* menggunakan *true 3D solid* FEA sebagai *meshing* model 3D untuk analisis *filling*.

Autodesk moldflow yang digunakan pada simulasi ini adalah *autodesk moldflow adviser*. *Autodesk simulation moldflow* membantu para *engineer* untuk melakukan analisa dan simulasi agar mendapatkan hasil injeksi yang terbaik (Rahayu, 2021).

G. Penelitian Terdahulu

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat cepat memberikan dampak yang baik serta manfaat yang besar bagi manusia dalam berbagai bidang kehidupan, khususnya dalam bidang produksi plastik

yang dihasilkan oleh mesin injeksi molding. Penelitian yang membahas mengenai pemanfaatan teknologi berbasis CAE terhadap injeksi plastik telah banyak dilakukan.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Sugondo *et al* (2007) mengenai minimalisasi cacat pada proses *injection molding* menggunakan simulasi didapatkan bahwa temperatur 265°C menghasilkan hasil produk yang lebih baik. Hasilnya produk mengalir dengan baik sehingga produk yang dihasilkan baik pula. Kemudian pada penelitian yang dilakukan oleh Sahlan (2021) mengenai optimalisasi *sink mark index* menggunakan *autodesk moldflow* didapatkan bahwa ketinggian Rib level 3 dan ketebalan Rib level 1 menghasilkan nilai *sink mark index* terbaik.

Penelitian yang dilakukan oleh penulis termasuk jenis penelitian *Research and Development* (R&D) karena penelitian akan menghasilkan pengaturan parameter proses yang terbaik. Seperti penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Sugondo (2007) juga memanfaatkan simulasi *autodesk moldflow* untuk minimalisasi cacat pada saat proses injeksi molding, namun parameter proses yang digunakan oleh penulis adalah suhu cetakan, suhu leleh, dan tekanan injeksi. Sedangkan penelitian oleh Sahlan (2021), simulasi *autodesk moldflow* digunakan untuk terbaikisasi *sink mark index* hanya saja pembedanya yaitu faktor yang digunakan oleh penulis adalah parameter proses. Simulasi *autodesk moldflow* juga membantu pengambilan tindakan preventif dengan memprediksi kegagalan yang mungkin terjadi dan pertimbangan korektif pada kegagalan yang telah terjadi (Park, 2012).

BAB III

MATERI DAN METODE TUGAS AKHIR

A. Metode Penyelesaian Masalah

Berdasarkan karakteristik permasalahan tersebut simulasi menggunakan *autodesk moldflow* menjadi salah satu metode yang tepat. *Autodesk moldflow* dapat membantu menemukan parameter proses (suhu cetakan, suhu leleh, dan tekanan injeksi) secara cepat dan tepat. Selain itu, penggunaan *autodesk moldflow* membantu pekerjaan *Research and Development* (R&D) untuk memprediksi cacat yang muncul selama proses produksi. Metode yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir adalah data primer yang meliputi model 3D, presentase cacat *sink mark*, standar cacat *sink mark*, dan parameter proses *Tube Cha-Cha*.

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari pihak yang terkait dengan pokok pembahasan di PT Camiloplas Jaya Makmur. Perolehan data tersebut dengan cara sebagai berikut:

a. Observasi (Pengamatan)

Metode ini dilakukan untuk mengetahui dan mengamati bagaimana proses pembuatan *Tube Cha-Cha*. Secara keseluruhan pengamatan yang dilakukan meliputi pengenalan alat dan bahan, parameter proses yang digunakan, dan *quality control* terhadap produk *Tube Cha-Cha*.

b. Wawancara

Metode wawancara dilakukan untuk mengumpulkan data presentase cacat *sink mark* di perusahaan, standar cacat *sink mark* di perusahaan,

dan parameter proses yang berpengaruh terhadap cacat *sink mark* pada produk *Tube Cha-Cha*. Narasumber yang terlibat adalah *Supervisor Quality Control, Research and Development (R&D), dan Technical Support*.

c. Metode Percobaan Simulasi

Metode percobaan simulasi dilakukan menggunakan aplikasi *autodesk moldflow*. Percobaan simulasi dilakukan untuk pengambilan data hasil simulasi berupa *sink mark index* disertai gambar sebagai pendukung dalam percobaan.

B. Lokasi dan Waktu Pelaksanaan Magang

Proses pengambilan data untuk penyelesaian masalah Tugas Akhir dilakukan di salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang produksi plastik kemasan yaitu PT Camiloplas Jaya Makmur yang berlokasi di Jalan Aria Jaya Santika, Kecamatan Tigaraksa, Kabupaten Tangerang, Banten. Pelaksanaan magang dimulai pada tanggal 22 Februari – 22 Mei 2023.

C. Materi Pelaksanaan Tugas Akhir

Materi pelaksanaan tugas akhir yang dikaji dalam lingkup simulasi mencakup peralatan dan bahan simulasi minimalisasi cacat *sink mark*. Adapun peralatan dan bahan yang digunakan sebagai berikut:

1. Alat

Peralatan yang digunakan adalah laptop untuk menjalankan *software autodesk moldflow adviser dan autodesk inventor*.

2. Bahan

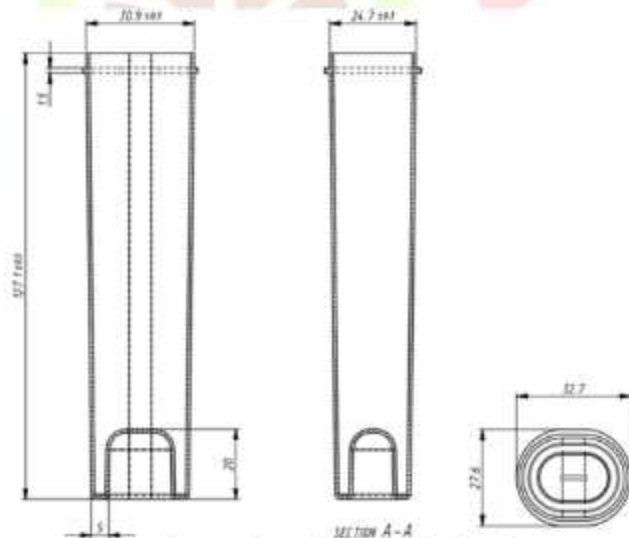
Bahan yang digunakan dalam simulasi minimalisasi *sink mark* yaitu:

a. Autodesk Inventor 2019

Autodesk inventor merupakan *software* desain yang digunakan untuk membantu pembuatan model 3D dari *Tube Cha-Cha*. Model 3D yang dibuat digunakan sebagai bahan yang dibutuhkan untuk proses simulasi.

b. Model 3D

Dimensi ukuran model 3D dibuat seperti pada Gambar 3.1. Model 3D berbentuk *Tube Cha-Cha* mempunyai dimensi ukuran yang berbeda. Gambar 3.1 merupakan gambar dua dimensi dari *Tube Cha-Cha* yang akan dilakukan simulasi.



Gambar 3.1 Dimensi Ukuran Tube Cha-Cha
(Sumber: PT Camiloplas Jaya Makmur, 2023)

Model 3D dari Tube Cha-Cha dapat dilihat pada Gambar 3.2.



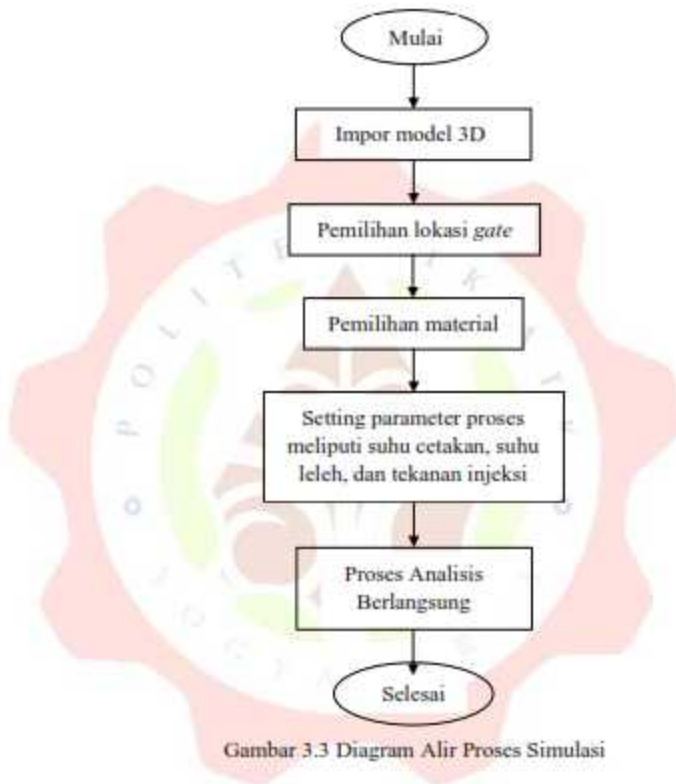
Gambar 3.2 Model 3D Tube Cha-Cha
(Sumber: PT Camiloplas Jaya Makmur, 2023)

c. *Autodesk Moldflow Adviser 2014*

Software Autodesk Moldflow Adviser digunakan untuk membantu proses simulasi *injection molding*. Proses simulasi akan menghasilkan data berupa *sink mark index*, kedalaman *sink mark*, dan kedalaman maksimal *sink mark index*.

D. Diagram Alir Percobaan

Diagram alir simulasi minimalisasi cacat *sink mark* terlihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Simulasi

Sebelum melakukan simulasi *autodesk moldflow* dilakukan perencanaan simulasi yaitu berupa pemilihan faktor dan level simulasi. Beberapa faktor yang dipilih adalah suhu cetakan, suhu leleh, dan tekanan injeksi pada mesin injeksi plastik. Faktor data simulasi dapat dilihat pada

Tabel 3.1. Matriks simulasi dapat dilihat pada tabel 3.2. Matriks simulasi berisi kombinasi faktor dan level simulasi untuk 18 kali simulasi dengan variabel tekanan injeksi dibuat konstan. Tekanan injeksi tidak terlalu berpengaruh terhadap cacat *sink mark* dalam *software autodesk moldflow* (Darmawan, 2008). Jumlah baris menunjukkan jumlah percobaan yang akan dilakukan dan jumlah kolom menunjukkan komposisi percobaan simulasi.

Tabel 3.1 Data Faktor Simulasi

Kode	Parameter
A	Suhu Cetakan
B	Suhu Leleh
C	Tekanan Injeksi

Tabel 3.2 Matriks Simulasi

Nomor Percobaan	Level	
	A	B
1	30°C	240°C
2	35°C	240°C
3	40°C	240°C
4	45°C	240°C
5	50°C	240°C
6	55°C	240°C
7	30°C	220°C
8	35°C	220°C
9	40°C	220°C
10	45°C	220°C
11	50°C	220°C
12	55°C	220°C
13	30°C	200°C
14	35°C	200°C
15	40°C	200°C
16	45°C	200°C
17	50°C	200°C
18	55°C	200°C

Persiapan simulasi dimulai dengan pembuatan model 3D menggunakan *software* desain 3D *autodesk inventor* versi tahun 2019. Model 3D dibuat sesuai dengan dimensi ukuran pada gambar dua dimensi. Model 3D yang telah dibuat kemudian diimpor ke *software* simulasi *autodesk moldflow adviser* versi tahun 2014. *Software autodesk moldflow* selanjutnya akan melakukan perbaikan dan *meshing* model 3D agar dapat digunakan untuk proses simulasi. *Meshing* adalah proses membagi komponen yang akan dianalisis menjadi elemen-elemen kecil atau diskrit (Yusra *et al.*, 2008). Setelah dilakukan perbaikan dan *meshing* model 3D selanjutnya mengatur parameter proses simulasi. Berdasarkan matriks simulasi, akan dilakukan percobaan sebanyak 18 kali dengan parameter proses yang berbeda.

Parameter proses yang diatur terlebih dahulu adalah material. Material yang digunakan adalah polipropilena sehingga tidak perlu mengatur aturan material lagi dan pada tugas akhir ini parameter material tidak akan dibahas. Parameter selanjutnya adalah lokasi *gate* atau titik awal injeksi. Lokasi *gate* diatur pada permukaan bawah bagian *Tube Cha-Cha* untuk menghindari jejak *gate* yang terlihat pada bagian atas atau samping produk yang dapat mengurangi estetika. Pemilihan lokasi *gate* pada bagian bawah produk menghindari cacat seperti gelembung udara, kerutan, dan penyusutan (Gan, 2012). Parameter berikutnya adalah suhu cetakan, suhu leleh, dan tekanan injeksi yang akan berpengaruh pada cacat *sink mark*. Setelah parameter suhu cetakan, suhu leleh, dan tekanan injeksi diatur

selanjutnya memasuki proses percobaan simulasi menggunakan *software autodesk moldflow*.

Pada proses percobaan simulasi dilakukan analisa *sink mark* untuk mengambil data *sink mark* dari 18 percobaan menggunakan *software autodesk moldflow*. Parameter proses terbaik diambil dari hasil simulasi estimasi *sink mark* pada *autodesk moldflow*. Simulasi estimasi *sink mark* diproses secara otomatis oleh program *autodesk moldflow* sehingga pada proses simulasi perlu menunggu beberapa saat sampai proses simulasi selesai. Simulasi estimasi *sink mark* menghasilkan nilai *sink mark* dan gambaran kedalaman dan letak dari *sink mark*.

