

STUDI KASUS *SHORT MOLD* PADA PRODUK C4V *HOUSING* MENGGUNAKAN MESIN *INJECTION* *MOLDING* DI PT. XYZ

Muhammad Rizki Zulfa^{1*}, Hamdi², Rosidi³, Moch. Syujak⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Diploma III Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

*Corresponding author E-mail address: muhammad.rizkizulfa.tm20@mhs.w.pnj.ac.id

Abstrak

Injection moulding adalah suatu proses pencetakan plastik dengan cara melelehkan bahan plastik yang diinjeksikan ke dalam die atau cetakan. Cacat yang umum terjadi pada produk *injection moulding* adalah *short mold*, *shrinkage*, *burn mark* dan bagian *air bubble* yang tidak sempurna. *Short mold* dapat disebabkan oleh tekanan injeksi, suhu cetakan, leleh dan waktu penahanan dalam proses injeksi yang kurang pas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengurangi terjadinya kasus *short mold* pada produk *injection moulding* dan menentukan solusi yang tepat untuk mendapatkan produk *injection moulding* yang optimal. Pada penelitian ini, akan dipelajari berbagai penyebab terjadinya cacat *short mold* pada produk *polybutylene terephthalate* saat proses *injection moulding* serta mengajukan solusi pemecahan masalah untuk menurunkan kejadian cacat *short mold* dengan menggunakan metode diagram *fishbone*. Untuk menghindari *short mold*, perlu perhatian khusus terhadap suhu dan tekanan pada proses produksi. Parameter suhu ideal yang digunakan pada saat proses produksi adalah 220-230°C; sedangkan parameter tekanan injeksi ideal adalah 14-16 Mpa. Parameter suhu yang terlalu tinggi akan menyebabkan cacat *burn mark*; sedangkan terlalu rendah akan menyebabkan cacat *short mold* dan *air bubble*. Parameter tekanan injeksi yang terlalu kuat akan menyebabkan cacat *burr*; sedangkan terlalu rendah akan menyebabkan produk *short mold* dan *air bubble*.

Kata-kata kunci: *Injection molding*, *die tooling*, *short mold*, *fishbone diagram*, *polybutylene terephthalate*

Abstract

Injection molding is a plastic molding process that involves melting plastic material and injecting it into a die or mold. Common defects in injection molding products include *short mold*, *shrinkage*, *burn marks*, and imperfect *air bubbles*. *Short mold* defects occur due to various factors such as injection pressure, mold temperature, melting, and inadequate holding time during the injection process. The objective of this research is to minimize *short mold* defects in injection molding products and determine effective solutions for achieving optimal results. This study aimed to investigate the causes of *short mold* defects in *polybutylene terephthalate* products during the injection molding process. To address these defects, the *fishbone diagram* method is employed to identify and analyze the contributing factors. By understanding the root causes, appropriate solutions can be proposed to mitigate *short mold* defects effectively. To prevent *short mold* defects, special attention should be given to the temperature and pressure parameters during the production process. The ideal temperature range for the production process is 220-230°C, while the recommended injection pressure is 14-16 Mpa. Temperature parameters that are too high can result in *burn marks*, whereas excessively low temperatures can lead to *short mold* defects and *air bubbles*. Similarly, injection pressures that are too high can cause *burr* defects, while pressures that are too low can result in *short mold* defects and *air bubbles*.

Keywords: *Injection molding*, *die tooling*, *short mold*, *fishbone diagram*, *polybutylene terephthalate*

1. PENDAHULUAN

Plastik merupakan senyawa organik yang sangat mudah dibentuk, mempunyai rantai yang sangat panjang karena dibentuk dari polimerisasi bahan organik dan punya berat molekul yang sangat besar. Plastik terbuat dari karbon, hidrogen dan atom-atom lainnya yang terikat dalam rantai molekul panjang yang disebut polimer (Rahmawati, 2015). Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting*. *Thermoplastic* adalah plastik yang jika dipanaskan dalam temperatur tertentu, akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan, *thermosetting* adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan dipanaskan, sehingga tidak bisa dibentuk ulang kembali (Michaeli et al., 2002).

Pada PT. Omron Manufacturing of Indonesia, *thermoplastic* di pakai untuk produksi bagian produk yang akan digunakan untuk membuat *relay*, *switch* atau sensor menggunakan material *polybutylene terephthalate novaduran*. Namun pada saat proses produksinya, setelah produk keluar dari *mold* sering mengalami masalah yaitu *short mold* atau bentuk produk yang dihasilkan kurang sempurna atau ada beberapa bagian yang masih belum terbentuk oleh plastik. *Short mold* tidak hanya menyebabkan masalah cacat pada produk yang bisa dilihat oleh mata telanjang, tetapi ada beberapa masalah cacat *short mold* yang harus dilihat menggunakan mikroskop.

Cacat produk adalah produk yang tidak sesuai dengan standar mutu yang telah ditetapkan. Cacat produk dibagi menjadi menjadi cacat *major* dan cacat *minor*. Cacat *major* merupakan cacat yang berakibat pada rusaknya fungsi produk sehingga menimbulkan ketidaknyamanan bagi konsumen dan tidak dapat diperbaiki lagi pada prosesnya. Sedangkan, cacat *minor* merupakan cacat yang masih bisa diperbaiki (Kusuma & Suwitho, 2015). *Short mold* merupakan suatu kondisi dimana lelehan material plastik yang diinjeksikan ke dalam *cavity* tidak mencapai kapasitas yang ideal, sehingga plastik yang diinjeksikan mengeras terlebih dahulu sebelum memenuhi *cavity* (Iskandar & Vendiza, 2019).

Ada berbagai penyebab terjadinya *short mold* serta solusi penanggulangannya. Dilakukan analisis lebih mendalam tentang *short mold* pada sistem produksi *injection molding* pada PT. Omron Manufacturing of Indonesia. Penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan solusi dalam pengurangan kasus *short mold* pada produk saat proses produksi menggunakan mesin *injection molding thermoplastic*.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah, “bagaimana cara mengurangi kasus *short mold* pada produk saat proses produksi menggunakan mesin *injection molding thermoplastic*?”

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah mengetahui solusi dalam mengurangi masalah produk *short mold* saat proses produksi menggunakan mesin *injection molding thermoplastic*.

Manfaat Penelitian

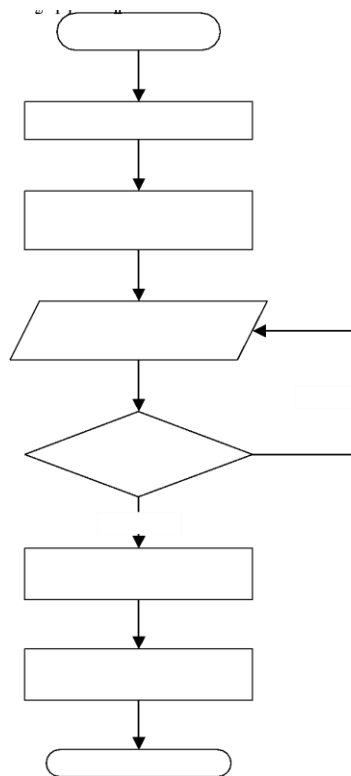
Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui penyebab dari *short mold* pada saat proses produksi menggunakan mesin *injection molding thermoplastic*.
2. Mengetahui akibat dari *short mold* pada proses produksi menggunakan mesin *injection molding thermoplastic*.
3. Mengetahui cara pencegahan *short mold* untuk mengurangi kasus *short mold* dalam proses produksi menggunakan mesin *injection molding thermoplastic*

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah menggunakan metode *fishbone*, metode pemecahan masalah menggunakan analogi tulang ikan akan menjadi akar dari penyebab permasalahan dan kepala ikan akan berperan sebagai permasalahan yang akan dianalisis. Penulis menggunakan metode *fishbone* dikarenakan metode ini cocok dan efektif untuk menganalisis masalah dan menemukan solusi dalam upaya pengurangan kasus *short mold* pada saat proses produksi menggunakan mesin *injection molding thermoplastic*.

Bentuk diagram alir dari pengerjaan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Diagram alir pengerjaan

Pada langkah kerja ini, penulis melakukan observasi mengenai masalah yang muncul di PT. Omron Manufacturing of Indonesia pada saat melakukan kegiatan produksi menggunakan mesin *injection molding*. Permasalahan yang ditemukan salah satunya adalah *short mold*. Penulis melakukan pengumpulan data dengan terjun ke lapangan, menelusuri sumber literasi dari internet, dan melakukan diskusi atau wawancara dengan karyawan PT. Omron Manufacturing of Indonesia. Penulis melakukan analisis data yang telah didapatkan menggunakan metode diagram *fishbone* untuk mengidentifikasi dan mengorganisasi penyebab-penyebab permasalahan kemudian memisahkan akar penyebabnya. Setelah mendapatkan hasil dari analisa data, penulis mengambil kesimpulan dari analisis tersebut.

Metode Pemecahan Masalah

Metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah ini pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis dan observasi tentang kasus short mold pada produk C4V housing di PT. Omron Manufacturing of Indonesia
2. Melakukan diskusi dengan narasumber yang menguasai topik terkait
3. Melakukan studi literatur dari tinjauan pustaka yang memiliki sumber relevan dengan pembahasan tugas akhir yang penulis susun
4. Mengadakan diskusi dan bimbingan dengan Dosen Pembimbing yang telah ditunjuk oleh pihak Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Objek Penelitian

Produk *C4V housing* adalah salah satu produk *part* dari pembuatan *switch* yang di produksi oleh PT. Omron Manufacturing of Indonesia. Produk *C4V housing* diproduksi menggunakan mesin *injection molding thermoplastic* dengan menggunakan material *polybutylene terephthalate*. Pengertian kualitas produk adalah “*the ability of a product to perform its functions, it includes the product’s overall durability, reliability, precision, ease of operation and repair, another valued attributes*” dengan arti kemampuan sebuah produk dalam memperagakan fungsinya, termasuk durabilitas, reliabilitas, kemudahan pengoperasian dan reparasi

produk juga atribut produk lainnya (Maramis et al., 2018). Gambar dari objek penelitian bisa dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3. 1 Objek penelitian

Short mold bisa terjadi disebabkan oleh: 1) Desain cetakan (misal: desain *gate*, desain *venting*, *runner*, dan lain-lain); 2) Kurangnya *feeding* (tekanan injeksi, volume injeksi, dan lain-lain); 3) Karakteristik material (viskositas, fluiditas, atau material terlalu cepat membeku). Cacat *short mold* terjadi karena beberapa faktor diantaranya adalah pelelehan biji plastik yang tidak sempurna, injeksi yang lambat, tekanan injeksi yang lemah, suhu peleburan yang rendah, suhu *mold* yang rendah, dan udara tidak keluar dari *mold cavity* (Han & Kim, 2017).

Mold C4V Housing

Mold adalah sebuah cetakan produk yang digunakan untuk memproduksi *part* secara massal terutama pada dunia manufaktur saat ini. *Mold* digunakan pada mesin *injection molding* untuk mencetak *part* dari produk secara presisi dan mampu memproduksi secara massal dengan minimalnya perbedaan antara *part*. Bahan yang digunakan untuk membuat *mold* meliputi baja dengan kandungan karbon atau kromium, baja berkecepatan tinggi dan semen karbida.

Mold C4V housing merupakan cetakan yang digunakan untuk mencetak salah satu bagian *part* untuk membuat *switch* di PT. Omron Manufacturing of Indonesia. Sama dengan hal *mold* lainnya, *C4V housing* digunakan pada mesin *injection molding thermoplastic* supaya bisa membuat produk yang sama. *Mold C4V housing* ini bertepatan *mold 3 plate* dimana *mold* terdiri dari tiga bagian besar yaitu bagian sisi *core*, bagian sisi *cavity* dan bagian *runner plate*. Secara umum, tipe tiga *plate* ini menghasilkan produk yang sudah terpisah dengan *runner* (aliran dari *sprue bush* dan setelahnya).

Material Polybutylene Terephthalate Novaduran®

Polybutylene terephthalate adalah bahan termoplastik rekayasa semi-kristal yang mempunyai ketahanan kimia sangat baik dengan sifat mekanik dan termal tingkat tinggi. Bahan *polybutylene terephthalate* memiliki stabilitas dimensi yang baik dan tidak terpengaruh oleh kelembaban sekitar. Termoplastik semi-kristal ini juga memiliki gesekan rendah dan ketahanan terhadap abrasi. Penambahan zat aditif dapat meningkatkan sifat material *polybutylene terephthalate*.

Produk dari *C4V housing* ini menggunakan material dari *polybutylene terephthalate* berjeniskan Novaduran®. Material ini cocok digunakan untuk produk yang diproduksi menggunakan mesin *injection molding* termoplas karena material ini bisa untuk didaur ulang. Material Novaduran® adalah nama merek resin *polybutylene terephthalate* dari Mitsubishi Chemical. *Polybutylene terephthalate* adalah resin poliester yang diperoleh dengan polikondensasi asam tereftalat dan 1,4-*butanediol*. Material *polybutylene terephthalate* Novaduran® memiliki kinerja insulasi listrik yang sangat baik, ketahanan kimia yang baik, kemampuan cetakan, kemampuan warna, dll (Granse et al., 2023). Spesifikasi dari material *polybutylene terephthalate* bisa dilihat pada tabel 2.1 yang ada dibawah ini.

Tabel 3. 1 Spesifikasi material *polybutylene terephthalate resin*

	Tes Kondisi	Metode Tes	Satuan	Nilai Khas
Fisik				
Berat Jenis		ASTM D792	-	1.74
Properti		ASTM D955	%	0.3-0.9
Laju Air Leleh	275 °C/ 2.16kg	ASTM D1238	g/10menit	16
Penyerapan Air	23°C ,24jam	ASTM D570	%	0.06
Mekanis				

Kekuatan Tarik, 3.2mm		ASTM D638		
Isitirahat	5mm/menit		kg/cm ²	1.500
Perpanjangan Tarik 3.2mm		ASTM D638		
Hasil	5mm/menit		%	-
Istirahat	5mm/menit		%	2
Kekuatan Lentur 3.2mm	1.3mm/menit	ASTM D790	kg/cm ²	2.400
Modulus Lentur, 3.2mm	1.3mm/menit	ASTM D790	kg/cm ²	160.000
Kekuatan Impak IZOD, 3.2mm		ASTM D258		
(Berkumal)	23°C		kg.cm/cm	9.0
Panas				
Suhu Leleh		ASTM D3418	°C	223
Suhu Panas Defleksi, 6.4mm		ASTM D648		
(Tidak Dianeksasi)	18.6kg		°C	210
	4.6kg		°C	
Sifat Mudah Terbakar		UL94	Kelas	-
Indek Suhu Relatif		UL 7468		
Kelistrikan			°C	-
Mekanis Dengan Dampak			°C	-
Mekanis Tanpa Dampak			°C	-
Kelistrikan				
Indek Pelacakan Komparatif (CTI)	Solusi A	UL 746	PLC	-
Tahanan Volume	23°C	ASTM D257	Ohm.cm	-
Resistensi Busur	23°C	ASTM D495	PLC	-
Kekuatan Dielektrik, 1mm	23°C	ASTM D149	kV/mm	-
Density		ISO 1183	g/cm ³	1.30-1.32
MFR		GB 3682	g/10 mnt	50
Tensile Strength		ISO 527	Mpa	49
Elongation at break		ISO 527	%	51
Izod Impact Strength		ISO 180	KJ/m ²	4
Flexural Strength		ISO 527	Mpa	52
Enthalpy Value		ISO 1183	J/g	51

Data Penelitian

Data penelitian adalah rangkaian data berupa angka dan tulisan yang akan ditelaah lebih lanjut guna menemukan masalah dan menyelesaikan masalah. Dalam penelitian, banyak dijumpai data yang bersifat non numerik. Data non numerik sering dikaitkan dengan pendekatan penelitian kualitatif. Penelitian kualitatif tidak jarang menggunakan data numerik bahkan menggunakan pengolahan data secara statistik, namun tidak dapat dipungkiri bahwa data yang sering dijumpai pada penelitian kualitatif adalah data berupa teks, gambar, diagram, video dan data non numerik lainnya (Sarosa, 2021).

Berikut adalah data penelitian dari periode bulan April sampai bulan Mei yang akan dikaji lebih lanjut untuk menemukan solusi yang tepat dalam menangani kasus *short mold*:

Tabel 3. 2 Tabel hasil penelitian produksi *injection molding*

No.	Hari/tanggal kejadian	Jam (WIB)	Jumlah produk <i>short mold</i> dari 2000 produksi	Keterangan
1.	Senin/ 3 April 2023	08.23	6 produk	<i>Shortmold</i> dan <i>shrinkage</i>
2.	Kamis/ 6 April 2023	16.39	9 produk	<i>Shorthold</i> dan <i>burn mark</i>
3.	Selasa/ 11 April 2023	08.15	8 produk	<i>Shortmold</i> dan <i>shrinkage</i>

4.	Kamis/ 13 April 2023	13.17	5 produk	<i>Shorthold</i> dan <i>burn mark</i>
5.	Jumat/ 14 April 2023	10.32	10 produk	<i>Shorthold</i> dan <i>burn mark</i>
6.	Jumat/ 14 April 2023	20.10	15 produk	<i>Shortmold</i> dan <i>scoring</i>
7.	Sabtu/ 15 April 2023	11.20	6 produk	<i>Shortmold</i> dan <i>burn mark</i>
8.	Rabu/ 26 April 2023	08.30	7 produk	<i>Shortmold</i> dan <i>shrinkage</i>
9.	Rabu/ 26 April 2023	22.25	13 produk	<i>Shortmold</i> dan <i>burn mark</i>
10.	Selasa/ 2 Mei 2023	09.43	8 produk	<i>Shortmold</i> dan <i>burn mark</i>
11.	Selasa/ 2 Mei 2023	23.00	13 produk	<i>Shortmold</i> dan <i>scoring</i>
12.	Senin/ 8 Mei 2023	16.45	4 produk	<i>Shortmold</i> dan <i>shrinkage</i>
13.	Senin/ 8 Mei 2023	21.50	10 produk	<i>Shortmold</i> dan <i>burn mark</i>
14.	Senin/ 15 Mei 2023	09.45	5 produk	<i>Shortmold</i> dan <i>burn mark</i>
15.	Jumat/ 19 Mei 2023	11.20	6 produk	<i>Shortmold</i> dan <i>scoring</i>

Pengambilan data dilakukan berdasarkan hasil studi lapangan dari 2000 produk yang diproduksi setiap harinya pada salah satu industri plastik manufaktur, tepatnya di PT. Omron Manufacturing of Indonesia yang memproduksi produk *injection molding* berupa *switch* yang bahan dasar *polybutylene terephthalate*. Dalam proses produksi ditemukan adanya cacat pada salah satu produk yaitu produk *C4V housing* yang merupakan bagian *part* untuk membuat produk *switch* berupa cacat *short mold* pada beberapa bagian produk. Produk *C4V housing* menggunakan material berupa *polybutylene terephthalate novaduran* yang mempunyai titik leleh sebesar 220-230°C, sehingga untuk menghasilkan produk yang bagus, maka mesin injeksi harus diatur dengan suhu sedemikian rupa.

Dari hasil data penelitian diatas, kasus cacat yang sering terjadi adalah cacat *shortmold burn mark, shrinkage dan scoring*. Kasus *short mold* yang terjadi disebabkan oleh parameter suhu yang kurang pas, tekanan injeksi yang kurang pas dan adanya material tertinggal di bagian *cavity* (Veligorskyi et al., 2019).

Berikut adalah pengertian dari cacat yang terjadi pada saat proses produksi menggunakan mesin *injection molding* di PT. Omron Manufacturing of Indonesia:

1. *Burn mark, Burn mark* adalah kondisi *short mold* dimana material yang akan diinjeksi mengalami panas yang berlebih sehingga material yang masuk ke *cavity* terbakar dan tidak membentuk produk. Untuk gambar produk yang mengalami cacat *burn mark* bisa di lihat pada gambar 4.2 yang ada di bawah ini.
2. *Air bubble, Air bubble* adalah cacat *short mold* pada produk yang terjadi karena suhu pemanasan material yang kurang hingga masuknya udara pada saat proses injeksi. Untuk gambar produk yang mengalami cacat *air bubble* bisa di lihat pada gambar 4.3 yang ada di bawah ini.
3. *Shrinkage, Shrinkage* merupakan cacat yang terjadi karena kurang panasnya kondisi material pada saat proses injeksi sehingga volume material tidak tercukupi di dalam *cavity* maka terjadilah *short mold*. Cacat ini juga bisa terjadi karena suhu material terlalu panas pada saat proses injeksi sehingga material susah mengeras dan tidak terbentuk sesuai *cavity*. Untuk gambar produk yang mengalami cacat *air bubble* bisa di lihat pada gambar 4.4 yang ada di bawah ini
4. *Scoring*, Cacat ini disebabkan oleh kombinasi dari dua aktivitas yang berbeda pertama yaitu kegagalan pada proses injeksi pertama di bagian *cavity* lalu meninggalkan material menempel di *cavity* dan kedua, pada saat proses injeksi selanjutnya terjadi kontak antara material yang di injeksi dengan material menempel pada *cavity* sehingga terjadilah *short mold* – produk yang dihasilkan tidak merata. (Yanto et al., 2018).

Pengaruh Suhu Terhadap Cacat *Short mold*

Faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam proses *injection molding* adalah suhu pada saat proses injeksi material kedalam *cavity*. Suhu proses pada mesin injeksi pada umumnya terdiri dari *melt temperature* dan *mold temperature*. Pemilihan jenis plastik murni maupun penambahan aditif akan mempengaruhi pengaturan suhu proses. Parameter suhu lebur (*melt temperature*) merupakan batas suhu dimana bahan plastik mulai meleleh (Cahyadi, 2014). Pada pengujian pengaruh suhu terhadap cacat *short mold* ini, suhu divariasikan dengan mempertahankan nilai tekanan injeksi, waktu injeksi, waktu pendinginan dan suhu *mold* konstan. Parameter suhu yang digunakan pada uji coba ini adalah sebesar 223°C mengikuti titik leleh dari material yang digunakan yaitu material *polybutylene terephthalate novaduran*.

Tabel 3.3 Table uji coba parameter suhu

Pengujian	Suhu (°C)	Waktu injeksi (detik)	Keterangan
Uji coba 1	210	30	Produk <i>short mold</i> dan <i>shrinkage</i> (2/8 <i>cavity</i>)
Uji coba 2	220	30	Produk sempurna

Uji coba 3	230	30	Produk sempurna
Uji coba 4	240	30	Produk <i>short mold</i> dan <i>burn mark</i> (2/8 cavity)

Berdasarkan tabel 3.3, dapat dilihat bahwa:

1. Sampel uji coba 1 menggunakan parameter suhu 210°C dengan waktu injeksi selama 30 detik menghasilkan produk cukup baik – produk sempurna yang dihasilkan berjumlah 6/8 cavity. Jumlah produk yang dihasilkan sudah cukup baik dan mengurangi cacat *short mold* pada proses injeksi.
2. Sampel uji coba 2 menggunakan parameter suhu 220°C dengan waktu injeksi selama 30 detik menghasilkan produk sempurna pada semua cavity. Hal ini merupakan titik leleh terbaik pada material *polybutylene terephthalate* untuk proses *injection molding*. Dengan menggunakan parameter suhu 275°C ini maka proses *injection molding* lebih efektif dan mengurangi waktu yang terbuang.
3. Sampel uji coba 3 menggunakan parameter suhu 230°C dengan waktu injeksi 30 detik menghasilkan produk sempurna di semua cavity namun karena suhu yang digunakan diatas titik leleh material maka suhu ini kurang baik digunakan untuk waktu yang lama karena akan menyebabkan cacat *burn mark* pada beberapa produk.
4. Sampel uji coba 4 menggunakan parameter suhu 240°C dengan waktu injeksi 30 detik menghasilkan produk sempurna hanya 6 cavity dan 2 cavity mengalami cacat produk *burn mark*. Hal ini disebabkan oleh parameter suhu yang digunakan pada saat proses injeksi melebihi kapasitas titik leleh dari material yang menyebabkan material terlalu panas sehingga susah untuk membentuk produk sesuai cavity.

Dari uji coba sampel diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa suhu yang semakin tinggi akan menghasilkan produk yang sempurna dengan potensi terjadinya cacat *short mold* semakin rendah. Namun, parameter suhu juga tidak boleh terlalu tinggi karena akan menyebabkan potensi cacat lain seperti *burn mark* (material kepanasan dan tidak bisa membentuk produk sesuai cavity) maupun *shrinkage* (Firdaus & Tjitro, 2002).

Pengaruh Tekanan Terhadap Cacat *Short Mold*

Pada pengujian pengaruh tekanan terhadap cacat *short mold* ini, tekanan injeksi divariasikan dengan mempertahankan nilai suhu barel, waktu pendinginan dan suhu *mold* konstan. Parameter suhu yang digunakan pada uji coba ini adalah dari rentang 220-230°C sesuai dengan parameter titik leleh material pada tabel spesifikasi material. Jadi untuk uji coba pengaruh tekanan terhadap cacat *short mold* diambil titik tengah dari suhu yang diperoleh yaitu 225°C. Tekanan maksimum adalah batas tekanan yang perlu diberikan untuk menggerakkan piston guna menekan bahan plastik yang telah dilelehkan kedalam cavity (Langga et al., 2017). Pada permulaan proses pengisian, tekanan injeksi awal adalah 0 MPa. Seiring dengan waktu proses pengisian, tekanan injeksi akan meningkat terus sampai mencapai tekanan maksimum.

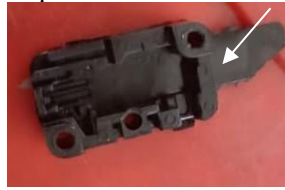
Tabel 3.4 Table uji coba parameter tekanan injeksi

Pengujian	Suhu (°C)	Tekanan injeksi (MPa)	Keterangan
Uji coba 1	225	12	Produk <i>short mold</i> dan <i>shrinkage</i> (4/8 cavity)
Uji coba 2	225	14	Produk sempurna
Uji coba 3	225	16	Produk sempurna
Uji coba 4	225	18	Produk sempurna namun mengalami cacat <i>burr</i> (Kelebihan material)

Berdasarkan tabel 3.4 diatas, dapat dilihat bahwa:

1. Sampel uji coba 1 menggunakan parameter suhu sama 225°C dengan tekanan injeksi sebesar 12 MPa tetap terjadi kasus cacat *short mold* dan *air bubble* sebanyak 4 cavity dari 8 cavity. Hal ini menunjukkan kurangnya tekanan injeksi untuk menghasilkan produk yang sempurna.
2. Sampel uji coba 2 menggunakan parameter suhu sama 225°C dengan tekanan injeksi sebesar 14 MPa menghasilkan produk sempurna pada semua cavity. Ini menunjukkan bahwa tekanan injeksi sebesar 14 MPa merupakan tekanan injeksi yang ideal untuk produk *C4V housing* menggunakan material *polybutylene terephthalate*.
3. Sampel uji coba 3 menggunakan parameter suhu sama 225°C dengan tekanan injeksi sebesar 16 MPa menghasilkan produk sempurna pada semua cavity. Namun, terdapat beberapa produk yang mengalami cacat *burr* atau kelebihan material yang disebabkan oleh tekanan injeksi yang terlalu kuat.
4. Sampel uji coba 4 menggunakan parameter suhu sama 225°C dengan tekanan injeksi sebesar 18 MPa menghasilkan produk sempurna sebagian cavity. Hal ini dikarenakan tekanan injeksi yang terlalu kuat

melebihi tekanan injeksi ideal sehingga pada saat proses *injection molding* produk mengalami *burr* atau kelebihan material pada sisi-sisi produk.



Gambar 3. 2 Sampel uji coba 4 Parameter tekanan injeksi

Pengaruh *Mold* Terhadap Cacat *Short Mold* Pada Produk

Cacat *short mold* yang sering terjadi bukan hanya disebabkan oleh tekanan injeksi dan parameter suhu pada saat proses *injection molding* tetapi juga dipengaruhi oleh keadaan *mold*. Pada saat proses injeksi dilakukan lalu mengalami cacat produk maka tidak jarang material sisa injeksi tersebut tertinggal di bagian geometri *cavity*, material yang tertinggal tersebut dapat menyebabkan cacat *short mold* yaitu *scoring* pada bagian produk. Cacat *scoring* adalah cacat yang disebabkan oleh adanya material yang tertinggal pada bagian *cavity* – menyebabkan material tidak membentuk produk dengan sempurna (Firdaus & Tjitro, 2002).



Gambar 3. 3 Sampel cacat *short mold scoring*

Hal yang bisa dilakukan untuk menanggulangnya adalah dengan cara melakukan *maintenance mold* secara rutin atau melakukan pemolesan pada bagian *cavity* pada saat terjadinya cacat *short mold scoring*.

Analisis *Balancing* Dari *Mold*

Fenomena yang terjadi pada aliran saluran *runner* cukup kompleks salah satunya adalah masalah *viskositas* plastik. *Viskositas* plastik leleh dapat dipengaruhi oleh suhu material pada saat proses produksi sehingga mengakibatkan terjadinya variasi *viskositas* pada aliran *runner*. Dalam kondisi normal peningkatan suhu pada saat proses produksi akan menurunkan *viskositas* plastik, dimana suhu tertinggi di saluran *runner* terjadi pada sisi terdalam dari aliran *runner* yang menyebabkan tingkat leleh plastik di lapisan dalam aliran *runner* menjadi lebih tinggi dari pada tingkat leleh plastik di tengah aliran *runner*. Suhu yang lebih tinggi pada lapisan luar tersebut akan selalu ada, meskipun sebagian akan terjadi kehilangan panas ke dinding *mold* melalui konduksi. Desain *runner* harus dirancang seimbang mungkin, sehingga memungkinkan pengisian plastik ke setiap rongga cetak terjadi pada waktu yang sama dan dengan suhu yang sama.

Fenomena yang terjadi pada aliran *runner* dapat menimbulkan *imbalance flow* pada saat proses produksi dan menyebabkan produk mengalami *short mold*. Untuk mencegah terjadinya kasus *short mold* yang disebabkan oleh *imbalance* pada aliran *runner*, maka perlu dilakukan pengukuran pada setiap aliran *runner*. Pengukuran aliran *runner* bisa dilakukan menggunakan alat *tool maker microscope* dengan ketelitian yang cukup bagus. Jika ternyata aliran *runner* pada bagian ujung aliran kurang besar untuk laju material pada saat proses produksi maka harus dilakukan pembesaran aliran *runner*.

Pembesaran aliran *runner* dapat dilakukan menggunakan mesin *Electrical Discharge Machining (EDM) wire cut*. Melakukan pembesaran aliran *runner* tidak boleh dilakukan sembarang, perlu dilakukan dengan perhitungan yang matang dari luas *cavity* dan ukuran besar *runner*.

Diagram *Fishbone*

Diagram *fishbone* adalah salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis penyebab dari suatu masalah atau kondisi. Diagram ini sering juga disebut dengan diagram sebab akibat atau *cause effect* diagram. Analisis *fishbone* adalah metode untuk membantu memecahkan suatu masalah di setiap lapisan hingga potensi akar penyebab yang berkontribusi pada efeknya (Liliana, 2016). Metode dari diagram *fishbone* adalah menggabungkan *brainstorming* dan *mind mapping* untuk menemukan hubungan sebab akibat dari masalah

yang mendasarinya. Hal itu akan mendorong kita untuk mempertimbangkan setiap kemungkinan penyebab dari suatu masalah dengan lebih detail sehingga tidak akan terjebak hanya pada masalah yang nampak saja.

Penelitian ini dilakukan wawancara dengan pembimbing perusahaan guna mencari informasi mengenai kasus *short mold* dan penyebab yang sering dialami pada saat proses *injection molding*. Dari wawancara tersebut, penulis menghasilkan kesimpulan – penyebab dari cacat *short mold* yang sering terjadi disebabkan oleh kondisi parameter suhu pada saat proses injeksi masih kurang dari titik leleh material yang menyebabkan produk mengalami cacat *short mold*. Penulis juga berdiskusi dengan staf *departemen maintenance mold* untuk menanyakan penyebab material menyangkut pada bagian *cavity mold*. Pihak *maintenance* mengatakan hal tersebut dapat terjadi, karena pada saat proses injeksi, suhu material masih kurang panas dan tersangkut pada bagian geometri *mold* – sehingga proses injeksi selanjutnya mengalami cacat *short mold scoring* pada produk.

Solusi

Dari penelitian ini, dapat dilihat kebanyakan penyebab dari cacat *short mold* pada produk disebabkan oleh mesin dalam mengontrol suhu yang kurang pas untuk memanaskan material pada saat proses injeksi. Cacat produk dapat terjadi bila tidak tepat dalam menentukan *setting* parameter proses tekanan injeksi, temperatur injeksi serta waktu pendinginan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecenderungan parameter suhu terlalu rendah untuk nilai tekanan Injeksi akan menyebabkan cacat produk berupa *short mold* dan *shrinkage*; sedangkan bila parameter suhu terlalu tinggi akan menyebabkan *burn mark* (Cahyadi, 2014). Untuk mendapatkan hasil produk yang maksimal perlu diperhatikan kondisi temperatur suhu dan keadaan mesin supaya tidak terjadi panas yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah pada saat proses injeksi. Dengan demikian, untuk menemukan solusi dari permasalahan, penulis menyarankan untuk selalu memperhatikan parameter suhu pada saat proses injeksi.

Hal yang harus dilakukan guna mencapai dan menerapkan solusi dari kasus pengaruh suhu terhadap cacat *short mold* pada proses produksi *injection molding* adalah selalu memperhatikan kondisi mesin *injection molding* dan rutin menjalani proses *maintenance*. Pada saat melakukan proses produksi selalu perhatikan dan *control* kondisi parameter suhu pada layar monitor mesin supaya bisa meminimalkan terjadinya kendala cacat *short mold* pada produk. Selain itu, semua staf perlu memperhatikan juga kondisi *mold* pada saat melakukan proses produksi dan setelah melakukan proses produksi; sebaiknya rutin melakukan perawatan *mold* supaya tidak terjadi kasus cacat *short mold scoring*.

4. KESIMPULAN

Parameter suhu objektif yang dapat digunakan pada saat proses injeksi adalah pada rentang suhu 220-230°C, hal ini mengikuti titik leleh jenis material yang digunakan pada produk. Jika parameter suhu terlalu rendah, hal ini dapat menyebabkan terjadinya cacat *short mold* dan *air bubble*; jika parameter suhu terlalu tinggi akan menimbulkan cacat *short mold* dan *burn mark* pada produk.

Parameter tekanan injeksi objektif yang dapat digunakan adalah rentang 14-16 Mpa – mengikuti standarisasi yang digunakan oleh perusahaan dan material yang digunakan. Jika parameter tekanan injeksi terlalu rendah, akan menyebabkan cacat *short mold* dan *shrinkage* pada produk; jika parameter tekanan injeksi terlalu kuat akan menyebabkan kasus cacat *burr* atau kelebihan material pada produk.

Kasus *short mold* yang terjadi pada produk menggunakan proses *injection molding*, perlu diperhatikan parameter suhu mesin dan parameter tekanan injeksi. Cacat *short mold* sering terjadi karena kurangnya parameter suhu dan parameter tekanan injeksi pada saat proses produksi. Namun, perlu diperhatikan juga parameter suhu tidak boleh terlalu rendah atau terlalu tinggi; parameter tekanan injeksi tidak boleh terlalu kuat. Oleh karena itu, supaya kasus *short mold* bisa dihindari, perlu di perhatikan keadaan mesin serta parameter yang digunakan saat proses produksi.

Selain disebabkan oleh pengaruh parameter suhu tekanan injeksi, penyebab lain dari terjadinya cacat *short mold* adalah kondisi *mold* yang kurang diperhatikan dan dibersihkan. Pada saat proses injeksi, jika mengalami kegagalan atau produk cacat, maka terdapat kemungkinan material sisa dari injeksi tersebut akan tertinggal di bagian *cavity mold* yang nantinya akan menyebabkan cacat *short mold scoring* pada produk. Untuk mengurangi terjadinya kasus cacat ini, diperlukan perawatan rutin pada *mold* sebelum dan sesudah digunakan dengan cara memoles bagian material yang menempel pada *cavity mold*.

Kondisi cacat *short mold* juga bisa terjadi dikarenakan adanya *imbalance* pada aliran *runner* dari *mold*, dimana bagian ujung luar *runner* membutuhkan tekanan yang lebih besar dan suhu leleh yang juga besar supaya proses produksi pada semua *cavity* membutuhkan waktu, suhu, dan tekanan yang sama. Jika terjadi *imbalance* pada aliran *runner* dari *mold* maka perlu dilakukan proses pengecekan aliran *runner* oleh bagian divisi *fabrikasi* dan akan dilakukan pembesaran aliran *runner* supaya *balance* pada saat proses produksi. Proses pembesaran

aliran *runner* harus dilakukan dengan perhitungan dari ukuran *cavity* dan besarnya jalur aliran material sebelum di besarkan.

5. REFERENSI

1. Cahyadi, D. (2014). Analisis Parameter Operasi pada Proses Plastik Injection Molding untuk Pengendalian Cacat Produk. *Sintek Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 8(2).
2. Firdaus, F., & Tjitro, S. (2002). Studi eksperimental pengaruh parameter proses pencetakan bahan plastik terhadap cacat penyusutan (Shrinkage) pada benda cetak pneumatics holder. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(2), 75–80.
3. Granse, T., Pfeffer, S., Springer, P., Refle, O., Leitl, S., Neff, M., Duffner, E., Dorneich, A., & Fritton, M. (2023). Manufacturing of individualized sensors: Integration of conductive elements in additively manufactured PBT parts and qualification of functional sensors. *Progress in Additive Manufacturing*, 1–11.
4. Han, J.-H., & Kim, Y.-C. (2017). Study on Effects of Mold Temperature on the Injection Molded Article. *Archives of Metallurgy and Materials*.
5. Iskandar, N., & Vendiza, F. R. (2019). Analisis Cacat Short Short Dalam Proses Injection Molding Pada Komponen Shroud Fan. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1).
6. Kusuma, R. W., & Suwitho, S. (2015). Pengaruh Kualitas produk, harga, fasilitas dan emosional terhadap kepuasan pelanggan. *Jurnal Ilmu Dan Riset Manajemen (JIRM)*, 4(12).
7. Langga, E. H. M., Sya'bani, M. W., & Wulung, R. B. S. (2017). Pengaruh Suhu Dan Tekanan Injeksi Terhadap Cacat Short Shot Produk Polikarbonat Pada Mesin Injection Molding. *Berkala Penelitian Teknologi Kulit, Sepatu, Dan Produk Kulit*, 16(2), 1–13.
8. Liliana, L. (2016). A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 161, 012099. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012099>
9. Maramis, F. S., Sepang, J. L., & Soegoto, A. S. (2018). Pengaruh Kualitas Produk, Harga Dan Kualitas Pelayanan Terhadap Kepuasan Konsumen Pada Pt. Air Manado. *Jurnal EMBA: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi*, 6(3).
10. Michaeli, W., Spennemann, A., & Gärtner, R. (2002). New plastification concepts for micro injection molding. *Microsystem Technologies*, 8, 55–57.
11. Rahmawati, A. (2015). Pengaruh penggunaan plastik polyethylene (PE) dan high density polyethylene (HDPE) pada campuran lataston-WC terhadap karakteristik marshall. *Semesta Teknika*, 18(2), 147–159.
12. Sarosa, S. (2021). *Analisis Data Penelitian Kualitatif* (Flora Maharani, Ed.). PT. Kanisius.
13. Veligorskyi, O., Chakirov, R., Khomenko, M., & Vagapov, Y. (2019). Artificial neural network motor control for full-electric injection molding machine. *2019 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, 60–65.
14. Yanto, H., Saputra, I., & Satoto, S. W. (2018). Analisa Pengaruh Temperatur dan Tekanan Injeksi Moulding terhadap Cacat Produk. *Jurnal Integrasi*, 10(1), 1–6.