

ANALISIS PARAMETER OPERASI PADA PROSES PLASTIK INJECTION MOLDING UNTUK PENGENDALIAN CACAT PRODUK

Dadi Cahyadi, ST, MT.

Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya, Jl. Raya Serang – Cilegon Km.5, Serang – Banten.

Telp. 0254-8235007 / Fax. 0254-8235008

Email : dadicahyadi2012@gmail.com

ABSTRAK

Aktifitas dunia usaha pembuatan produk berbahan dasar plastik skala kecil menengah di Indonesia dewasa ini, telah banyak menggunakan proses injection molding. Permasalahan yang sering dialami adalah terjadinya cacat produk pada barang jadi, sehingga merugikan pelaku usaha dari segi adanya material yang terbuang serta tertundanya waktu pengiriman. Untuk itu perlu dilakukan pengendalian kualitas secara berkesinambungan. Telah terjadi cacat produk pada stationery TB 650 (bagian dari box penyimpanan alat tulis) berbahan dasar Polypropylene. Dalam hal cacat produk tersebut, dikarenakan belum terstandarisasinya setting parameter proses serta masih memakai cara trial and error. Akan dilakukan analisis terhadap terjadinya cacat produk dengan mengembangkan model simulasi empirik yang menggambarkan hubungan antara parameter proses dengan cacat produk yang terjadi, dengan menggunakan Autodesk Moldflow Adviser Software terhadap produk dengan variasi nilai tekanan injeksi, temperatur injeksi serta waktu pendinginan, yang hasilnya diolah untuk mendapatkan kombinasi nilai optimum untuk setting parameter yang diteliti. Dari penelitian didapatkan bahwa tekanan injeksi, temperatur injeksi dan waktu pendinginan berpengaruh terhadap terjadinya cacat produk. Untuk produk stationery TB 650, didapatkan setting yang optimum adalah sebagai berikut; tekanan injeksi (P_{inj}) = 8.578 MPa, temperatur injeksi (T_{Melt}) = 240 °C, serta waktu pendinginan (t_{Col}) = 20 s.

Kata kunci: cacat produk, injection molding, tekanan injeksi, temperature injeksi, waktu pendinginan.

1. Pendahuluan

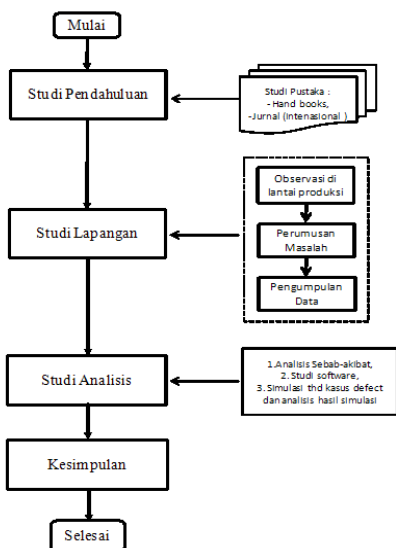
Terjadinya cacat produk saat proses pembuatan (*in-process*), akan mengakibatkan perubahan pada hasil akhir barang jadi (*final product*). Salah satu aspek terpenting dalam industri manufaktur adalah bagaimana secara berkelanjutan memproduksi *final product* yang berkualitas. Untuk itu perlu dilakukan pengendalian kualitas secara berkesinambungan. Salah satunya dengan mengendalikan kualitas di lini produksi (*in-*

process) untuk mengurangi terjadinya cacat produk. Bagian *in-process* harus cermat dan jeli dalam melakukan diagnosa dan *adjustment* sehingga diharapkan produk akhir yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi pelanggan. Untuk itu akan dilakukan penelitian guna meningkatkan kualitas produk dengan cara mereduksi cacat produk berbahan dasar *polypropylene* (PP) pada proses pembuatannya. dalam hal cacat produk yang sering terjadi tersebut,

dikarenakan belum terstandarisasinya *setting* parameter proses serta masih memakai cara *trial and error*. Dengan mereduksi cacat produk dapat menghilangkan salah satu jenis pemborosan dalam industri, sehingga diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan produktifitas. Akan dilakukan analisis terhadap kaitan antara temperature injeksi, tekanan injeksi, serta waktu pendinginan terhadap terjadinya cacat produk dengan mengembangkan model simulasi empirik yang menggambarkan hubungan antara parameter proses tersebut dengan cacat produk yang terjadi .

2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian dapat digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

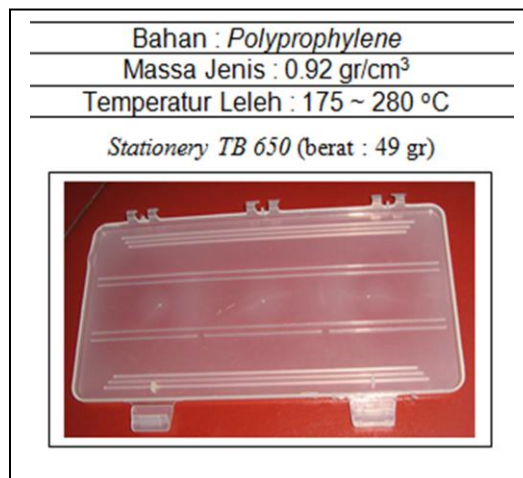
3. Hasil Penelitian

3.1. Objek Penelitian

Obyek yang akan diteliti adalah produk yang terbuat dari material *Polypropylene* (PP), yaitu *stationery TB 650* (bagian dari box penyimpanan alat tulis).

3.1.1. Spesifikasi Produk

Produk penelitian ditunjukan dalam gambar foto dibawah ini dengan spesifikasi sebagai berikut :



Gambar 2. Produk dan spesifikasinya

3.1.2. Spesifikasi Mesin

Mesin *injection molding* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 1. Data Spesifikasi Mesin Molding

A	DESCRIPTION	UNIT
	Merk	BORCHE SSE - 120
	International Class No	388 / 120
B	INJECTION UNIT	
	Theoretical shot volume	182 cm ³
	Shot weight	171 g
	Screw diameter	35 mm
	Injection Pressure	212 MPa
	Screw L/D Ratio	23.5 L/D
	Injection Stroke	190 mm
	Nozzle stroke	250 mm
C	CLAMPING UNIT	
	Clamping force	1200 kN
	Opening stroke	340 mm
	Platen size	610*610 mm
	Space btwn tie bars	410*410 mm
	Mold thickness	145~450 mm
	Ejection stroke	100 mm
	Ejection Force	34.4 kN
D	GENERAL UNIT	
	Pump motor	11 kW
	Heating capacity	8.88 kW
	Oil tank capacity	180 Lt

3.1.3. Data Defective Rate

Data cacat produk dari hasil proses *injection molding* dengan material dasar bahan *Polypropylene* (PP) adalah data produksi pada periode Juni ~ Agustus 2010. Adapun rangkuman datanya adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Data Defective Rate

Nama Produk	Juni	Juli	Agustus	Average Def Rate
Bottom Cover	1.50 %	2.00 %	1.30 %	1.60 %
Electric Holder	0.66 %	1.29 %	1.01 %	0.94 %
Fan Assy Cover	0.75 %	0.86 %	0.80 %	0.80 %
Hanger Kotatzu	1.45 %	1.97 %	3.00 %	2.14 %
Stationery TB 650	2.97 %	2.06 %	1.92 %	2.32 %
Steamer RC 06	1.10 %	1.30 %	0.90 %	1.10 %

Data diolah dari divisi Quality Control .

Berdasarkan kebijakan mutu (*quality policy*) perusahaan, telah dicanangkan target bahwa cacat produk (*defective rate*) yang ingin dicapai adalah maksimal 1.0%. Dari data periode Juni ~ Agustus 2010 di atas, terlihat bahwa produk *stationery TB 650*, menempati urutan teratas dalam hal terjadinya cacat produk. Atas dasar itu, maka pada penelitian ini diarahkan untuk menyoediki cacat produk pada produk tersebut.

3.2. Simulasi Data Lapangan

Simulasi diperlukan untuk menguji sampai sejauh mana terdapat hubungan antara parameter proses (variabel bebas) yang di kendalikan yaitu temperatur injeksi, tekanan injeksi serta waktu pendinginan dengan cacat produk yang terjadi. Pada simulasi ini digunakan *Autodesk Moldflow Adviser software* serta *SolidWork software* terhadap data lapangan, untuk diamati kecenderungan cacat produk apa yang terjadi berdasarkan simulasi *software* ini.

Pada simulasi ini, akan dilakukan 3 (tiga) macam simulasi, yaitu uji tekanan

injeksi (P_{Inj}), temperatur injeksi (T_{Melt}), waktu pendinginan (t_{Col}) untuk obyek produk yang diteliti, sementara parameter lainnya dibuat tetap.

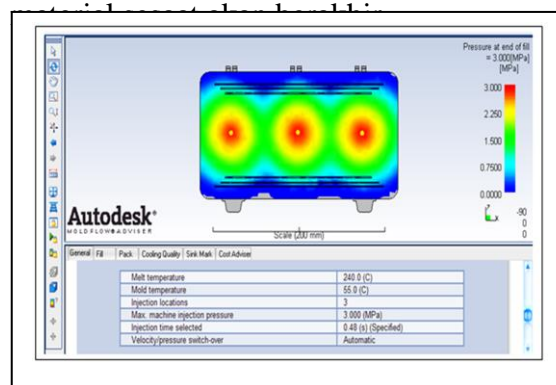
Tabel 3. Setting parameter terpasang

Variabel	P_{Inj}	T_{Melt}	t_{Col}
Unit	3 MPa	240 °C	20 s

Kemudian memasukkan nilai-nilai variabel bebas di atas ke dalam *autodesk moldflow adviser software*.

Didapatkan hasil simulasi sebagai berikut :

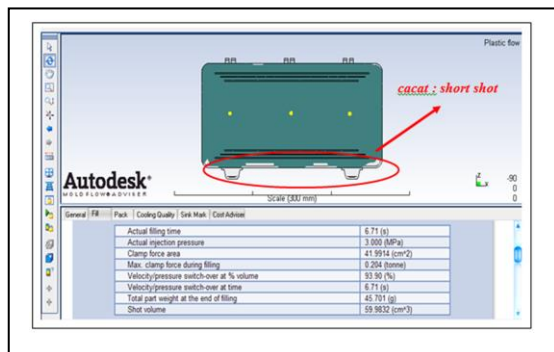
Pada gambar (Gb.3) simulasi keadaan tekanan injeksi di bawah, memperlihatkan tekanan injeksi maksimum yang terjadi selama fase pengisian material (*filling phase*) ke dalam cetakan *mold*, yaitu adalah 3 MPa. Pada permulaan proses pengisian, tekanan injeksi awal adalah 0 MPa yang ditandai dengan warna biru dalam grafis. Seiring dengan waktu proses pengisian, tekanan injeksi akan meningkat terus sampai mencapai tekanan maksimum yang ditandai warna merah ketika proses pengisian



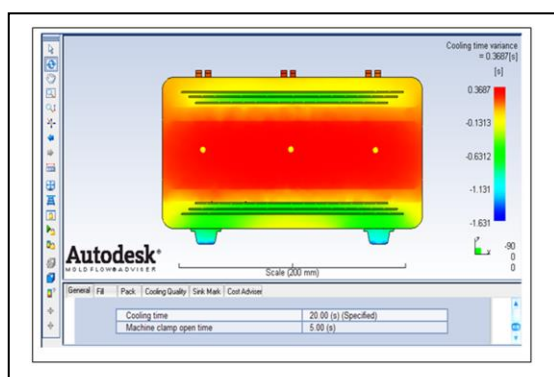
Gambar 3. Simulasi Keadaan Tekanan Injeksi

Pada gambar (Gb.4) simulasi aliran pengisian material di bawah, memperlihatkan aliran pengisian material plastik untuk mengisi semua rongga cetakan sehingga akan dihasilkan produk yang sesuai dengan cetakan yang diinginkan. Dengan menggunakan setting parameter

terpasang yaitu tekanan injeksi (P_{Inj}) = 3 MPa, temperatur injeksi (T_{Melt}) = 240 °C , serta waktu pendinginan (t_{Col}) = 20 s, terlihat bahwa terjadi cacat produk berupa tidak terpenuhinya secara lengkap bentuk geometri benda sesuai cetakan.



Gambar. 4 Simulasi Aliran Pengisian Plastik



Gambar. 5 Simulasi Waktu Pendinginan

Pada gambar (Gb.5) simulasi waktu pendinginan di atas, memperlihatkan perbedaan di antara waktu pendinginan oleh material plastik yang terjadi pada setiap area cetakan terhadap waktu pendinginan rata-rata untuk keseluruhan proses pengisian material ke dalam cetakan. Dalam hal ini waktu pendinginan rata-rata terpasang adalah 20 s. Warna merah menunjukkan waktu pendinginan yang terjadi untuk area tersebut lebih lambat dari waktu pendinginan rata-rata keseluruhan, sedangkan warna biru menunjukkan waktu pendinginan untuk area tersebut lebih cepat dibanding waktu pendinginan rata-rata.

Dari simulasi yang dilakukan dengan menggunakan nilai-nilai parameter

terpasang, dapat dilihat bahwa memang besar kemungkinan terjadinya cacat produk berupa *short shot*, yaitu bentuk geometri produk belum lengkap sesuai cetakan.

3.3. Simulasi Data Percobaan

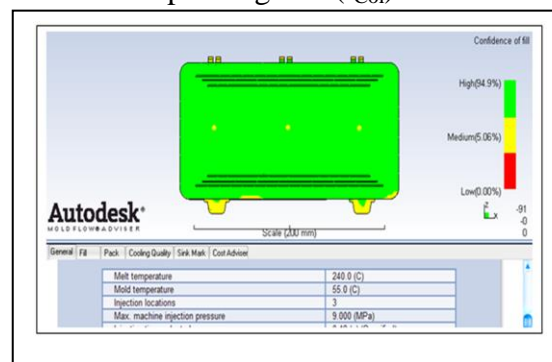
Simulasi data percobaan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan variabel bebas yang diteliti terhadap kemungkinan terjadinya cacat produk. Akan dilakukan berturut-turut simulasi dengan mengadakan perubahan nilai terhadap variabel tekanan injeksi, temperatur injeksi serta waktu pendinginan dengan selalu membuat tetap variabel temperatur *molding*.

Uji perubahan tekanan injeksi. Akan dilakukan uji perubahan nilai pada tekanan injeksi, dengan mempertahankan temperatur injeksi, waktu pendinginan serta temperatur *mold* pada kondisi tetap. Data yang akan diuji coba adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Uji perubahan tekanan injeksi

Deskripsi	P_{Inj}	T_{Melt}	t_{Col}	T_{Mold}
Data Awal	3 MPa	240 °C	20 s	55 °C
Uji Tekanan 1	9 MPa	240 °C	20 s	55 °C
Uji Tekanan 2	15 MPa	240 °C	20 s	55 °C

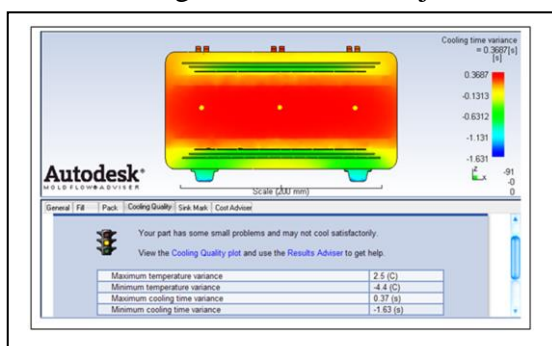
Uji Tekanan 1, yaitu tekanan injeksi (P_{Inj}) = 9 MPa, temperatur injeksi (T_{Melt}) = 240 °C , serta waktu pendinginan (t_{Col}) = 20 s :



Gambar. 6 Simulasi Uji Tekanan 1

Pada gambar (Gb.6) simulasi keadaan tekanan injeksi Uji Tekanan 1 di atas,

simulasi *confidence of fill* memperlihatkan tingkat probabilitas pengisian material plastik kedalam rongga cetakan. Area warna hijau menunjukkan bahwa pasti berlangsung pengisian material plastik dengan sempurna, warna kuning menunjukkan kemungkinan ada sedikit masalah dengan tingkat pengisian, serta warna merah pasti terdapat masalah yang besar dengan tingkat pengisian material. Dari data menunjukkan bahwa 94.9 % pengisian material berhasil baik serta 5.06 % kemungkinan terdapat sedikit masalah berkaitan dengan kualitas benda jadi.

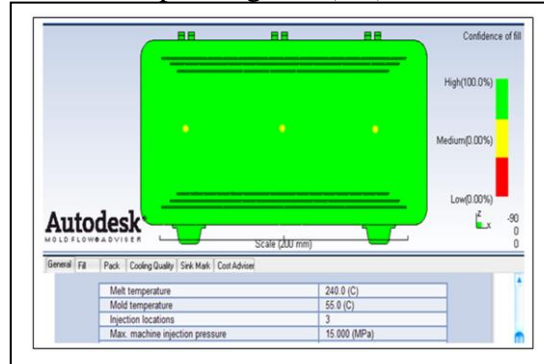


Gambar. 7 waktu pendinginan Uji Tekanan 1

Pada gambar (Gb.7) simulasi waktu pendinginan di atas, memperlihatkan perbedaan di antara waktu pendinginan oleh material plastik yang terjadi pada setiap area cetakan terhadap waktu pendinginan rata-rata untuk keseluruhan proses pengisian material ke dalam cetakan. Dalam hal ini waktu pendinginan rata-rata adalah 20 s. Warna merah menunjukkan waktu pendinginan yang terjadi untuk area tersebut lebih lambat dari waktu pendinginan rata-rata keseluruhan, sedangkan warna biru menunjukkan waktu pendinginan untuk area tersebut lebih cepat dibanding waktu pendinginan rata-rata. Dari simulasi terlihat bahwa kemungkinan terlalu singkat dalam setting waktu pendinginan diprediksi akan bermasalah dalam hal pengeluaran produk dari cetakan.

Berikut hasil simulasi dari nilai-nilai data Uji Tekanan 2, yaitu tekanan injeksi (P_{Inj}) =

15 MPa, temperatur injeksi (T_{Melt}) = 240 °C , serta waktu pendinginan (t_{CoI}) = 20 s :



Gambar 8. Simulasi Uji Tekanan 2

Pada gambar (Gb.8) simulasi keadaan tekanan injeksi Uji Tekanan 2 di atas, simulasi *confidence of fill* memperlihatkan tingkat probabilitas pengisian material plastik ke dalam rongga cetakan. Area warna hijau menunjukkan bahwa pasti berlangsung pengisian material plastik dengan sempurna, warna kuning menunjukkan kemungkinan ada sedikit masalah dengan tingkat pengisian, serta warna merah pasti terdapat masalah yang besar dengan tingkat pengisian material. Dari data menunjukkan bahwa 100 % pengisian berhasil baik serta tidak ada kemungkinan terjadi masalah.

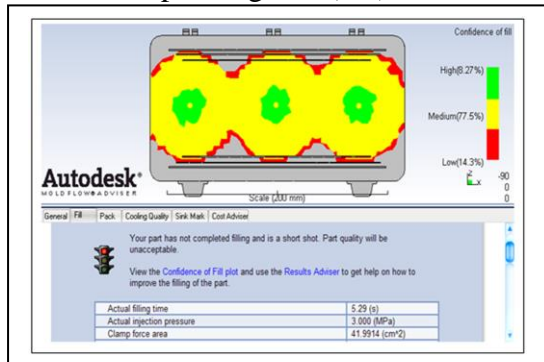
Uji perubahan temperatur injeksi. Akan dilakukan uji perubahan nilai pada temperatur injeksi, dengan mempertahankan tekanan injeksi, waktu pendinginan serta temperatur mold pada kondisi tetap. Data yang akan diuji coba adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Uji perubahan temperatur injeksi

Deskripsi	P_{Inj}	T_{Melt}	t_{CoI}	T_{Mold}
Data Awal	3 MPa	240 °C	20 s	55 °C
Uji Suhu 1	3 MPa	175 °C	20 s	55 °C
Uji Suhu 2	3 MPa	260 °C	20 s	55 °C

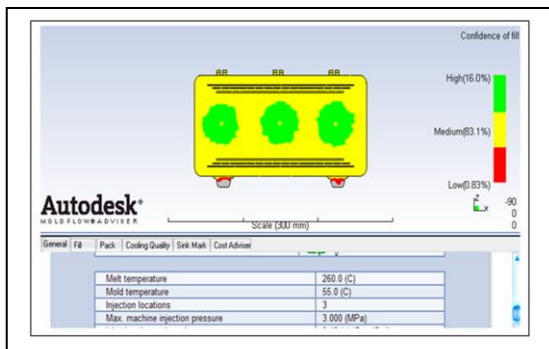
Berikut hasil simulasi dari nilai-nilai data Uji Suhu 1, yaitu tekanan injeksi (P_{Inj}) = 3

MPa, temperatur injeksi (T_{Melt}) = 175 °C , serta waktu pendinginan (t_{Col}) = 20 s :



Gambar 9. Simulasi Uji Suhu 1

Pada simulasi (Gb.9) *confidence of fill* Uji Suhu 1 di atas, menunjukkan bahwa 8.27 % kemungkinan pengisian berhasil dengan kualitas sangat baik, 77.5 % kemungkinan berkualitas medium, serta 14.3 % dipastikan akan terjadi cacat produk berupa *short shot*. Berikut hasil simulasi dari nilai-nilai data Uji Suhu 2, yaitu tekanan injeksi (P_{Inj}) = 3 MPa, temperatur injeksi (T_{Melt}) = 260 °C , serta waktu pendinginan (t_{Col}) = 20 s :



Gambar. 10 Simulasi Uji Suhu 2

Pada simulasi (Gb.10) *confidence of fill* Uji Suhu 2 di atas, menunjukkan bahwa 16 % kemungkinan pengisian menghasilkan kualitas yang sangat baik, 83.1 % kemungkinan pengisian menghasilkan produk berkualitas sedang, serta 0.83 % kemungkinan dengan kualitas yang tidak baik.

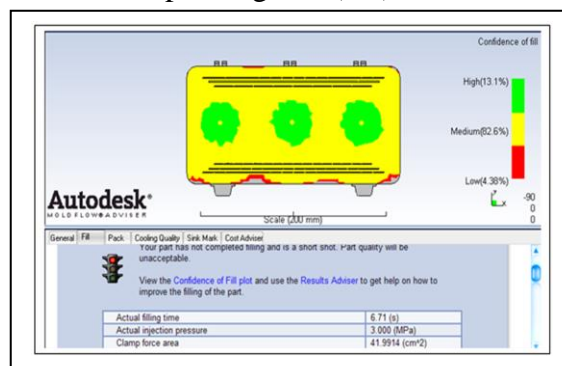
Uji perubahan waktu pendinginan. Akan dilakukan uji perubahan nilai pada waktu

pendinginan, dengan mempertahankan tekanan injeksi, temperatur injeksi serta temperatur *mold* pada kondisi tetap. Data yang akan diuji coba adalah sebagai berikut

Tabel 6. Uji perubahan waktu pendinginan

Deskripsi	P_{Inj}	T_{Melt}	t_{Col}	T_{Mold}
Data Awal	3 MPa	240 °C	20 s	55 °C
Uji Waktu 1	3 MPa	240 °C	5 s	55 °C
Uji Waktu 2	3 MPa	240 °C	40 s	55 °C

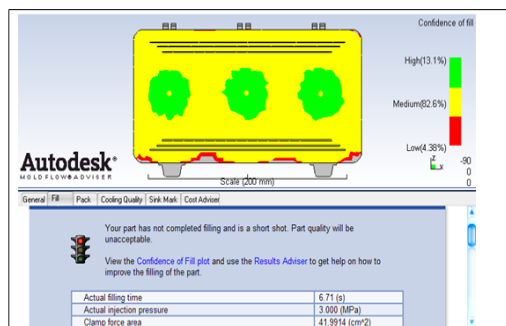
Berikut hasil simulasi dari nilai-nilai data Uji Waktu 1, yaitu tekanan injeksi (P_{Inj}) = 3 MPa, temperatur injeksi (T_{Melt}) = 240 °C , serta waktu pendinginan (t_{Col}) = 5 s :



Gambar. 11 Simulasi Uji Waktu 1

Pada simulasi (Gb.11) *confidence of fill* Uji Waktu 1 di atas, menunjukkan bahwa 13.1 % kemungkinan pengisian material menghasilkan kualitas yang sangat baik, 82.6 % kemungkinan menghasilkan produk dengan kualitas medium, serta 4.38 % dipastikan akan terjadi cacat produk berupa *short shot*. Dalam hal ini karena waktu pendinginan adalah 5 s, maka masih diprediksi bermasalah dalam hal pengeluaran produk dari cetakan berkaitan dengan masih belum mengeringnya material secara merata.

Berikut hasil simulasi dari nilai-nilai data Uji Waktu 2, yaitu tekanan injeksi (P_{Inj}) = 3 MPa, temperatur injeksi (T_{Melt}) = 240 °C , serta waktu pendinginan (t_{Col}) = 40 s :



Gambar. 12 Simulasi Uji Waktu 2

Pada simulasi (Gb.12) *confidence of fill* Uji Waktu 2 di atas, ternyata data simulasi menunjukkan kesamaan dengan data Uji Waktu 1, yaitu 13.1 % kemungkinan pengisian material menghasilkan kualitas yang sangat baik, 82.6 % kemungkinan menghasilkan produk dengan kualitas medium, serta 4.38 % dipastikan akan terjadi cacat produk berupa *short shot*. Dalam hal ini karena waktu pendinginan ditingkatkan menjadi 40 s, maka diprediksi sudah tidak bermasalah dalam hal pengeluaran produk dari cetakan.

Berikut ini adalah tabulasi dari hasil simulasi pada produk *stationery TB 650* yang telah dilakukan :

Tabel 7. Tabulasi data simulasi *stationery TB 650*

Deskripsi	P_{inj}	T_{Melt}	t_{Col}	Hasil Simulasi
Data Awal	3 MPa	240 °C	20 s	Deflect: short shot
Uji Tekanan 1	9 MPa	240 °C	20 s	*High quality 94.9 %, medium quality 5.06 %
Uji Tekanan 2	15 MPa	240 °C	20 s	*High quality 100 %
Uji Suhu 1	3 MPa	175 °C	20 s	*High quality 8.27 %, medium quality 77.5 % Low quality 14.3 % (short shot)
Uji Suhu 2	3 MPa	260 °C	20 s	*High quality 16 %, medium quality 83.1 % Low quality 0.63 % (short shot)
Uji Waktu 1	3 MPa	240 °C	5 s	*High quality 13.1 %, medium quality 82.6 % Low quality 4.38 % (short shot)
Uji Waktu 2	3 MPa	240 °C	40 s	*High quality 13.1 %, medium quality 82.6 % Low quality 4.38 % (short shot)

Simulasi data lapangan. Dari hasil simulasi data lapangan aktual yang di uji cobakan menggunakan *software Autodesk Moldflow*

Adviser, dapat diambil beberapa keterangan sebagai berikut :

Untuk produk *Stationery TB 650* dimana setting parameter proses adalah Tekanan Injeksi (P_{inj}) = 3 MPa, Temperatur Injeksi (T_{Melt}) = 240 °C , serta Waktu Pendinginan (t_{Col}) = 20 s, terindikasikan terjadinya cacat produk berupa *short shot*, yaitu bentuk geometri produk akhir yang belum lengkap sesuai cetakan, serta kemungkinan bermasalah dalam hal pengeluaran produk (*Ejection problem*) dari cetakan yang dapat mengakibatkan yang lain seperti retak atau tergores.

Simulasi Data Uji Coba. Dari simulasi data uji coba yang dilakukan pada *software Moldflow*, dapat diambil beberapa keterangan sebagai berikut :

Untuk uji coba perubahan tekanan injeksi (P_{inj}), dimana parameter yang lain dibuat konstan (temperatur injeksi, waktu pendinginan serta temperatur *mold* dibuat konstan), terlihat kecenderungan bahwa semakin kecil tekanan, akan mengakibatkan terjadinya cacat *short shot*, serta *sink mark*, sedangkan sebaliknya yaitu semakin besar tekanan akan mengakibatkan cacat *part flashing*, yaitu produk atau hasil cetakan berlebihan, tidak pas sesuai cetakan. Untuk uji coba perubahan temperatur injeksi (T_{Melt}), dimana parameter yang lain dibuat konstan (tekanan injeksi, waktu pendinginan serta temperatur *mold* dibuat konstan), terlihat kecenderungan bahwa semakin kecil suhu, akan mengakibatkan terjadinya cacat *short shot*, *sink mark*, *dirty*, *flow marks* (cacat produk berupa tanda yang timbul pada bagian dalam atau luar permukaan produk, berupa bentuk aliran dimana arah injeksi bahan datang) sedangkan semakin besar tekanan akan mengakibatkan cacat *part flashing*, *Silver brain* (warna permukaan berubah karena panas yang tinggi).

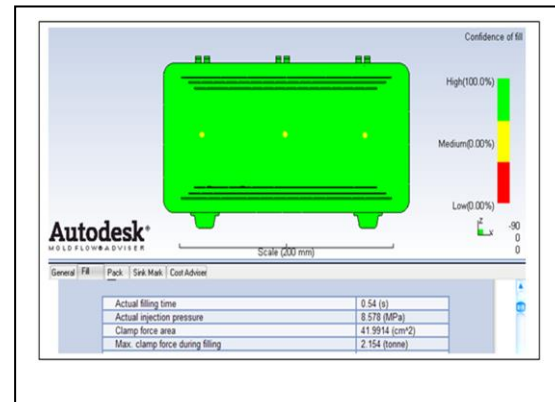
Untuk uji coba perubahan waktu pendinginan (t_{Col}), dimana parameter yang lain dibuat konstan (tekanan injeksi, temperatur injeksi serta temperatur *mold* dibuat konstan), terlihat kecenderungan bahwa semakin singkat waktu pendinginan, akan mengakibatkan terjadinya cacat *short shot*, sedangkan semakin lama waktu pendinginan akan baik bagi bentuk geometri produk, tetapi dari sisi produktifitas, menjadi kurang efisien.

3.5. Simulasi mencari Nilai Optimum

Setelah dilakukan 2 (dua) macam simulasi, yaitu simulasi data aktual lapangan dan simulasi uji perubahan parameter untuk mengetahui informasi hubungan antara tekanan injeksi, temperatur injeksi serta waktu pendinginan terhadap mutu produk, selanjutnya akan dilakukan simulasi untuk mencari atau menentukan *setting* parameter proses yang optimum berdasarkan *set default* dari *software Autodesk Moldflow Adviser*. Langkah-langkah simulasi mencari *setting* parameter yang dianjurkan *software* ini adalah sebagai berikut :

- 1) Menggambar produk dengan menggunakan *software SolidWorks* dalam bentuk 3D (tiga dimensi) sesuai dengan dimensi produknya,
- 2) Mengirimkan (export) gambar 3D ke dalam *software Autodesk Moldflow Adviser*,
- 3) Menjalankan simulasi dengan *software Autodesk Moldflow Adviser*, dan selesai.

Berikut hasil simulasi mencari *setting* parameter yang optimum produk *Stationery TB 650*.



Gambar. 13 Simulasi mencari nilai optimum

Pada gambar (Gb.13) simulasi *confidence of fill* untuk mencari *setting* parameter optimum di atas, memperlihatkan tingkat probabilitas pengisian material plastik ke dalam rongga cetakan. Area warna hijau menunjukkan bahwa pasti berlangsung pengisian material plastik dengan kualitas sempurna, warna kuning menunjukkan kemungkinan ada sedikit masalah dengan tingkat pengisian, serta warna merah memastikan terdapat tingkat masalah yang besar dengan kualitas benda jadi. Dari data menunjukkan bahwa 100 % pengisian material berhasil baik dengan tingkat kualitas sangat baik, serta 0.00 % kemungkinan terdapat masalah berkaitan dengan kualitas benda jadi.

Dari simulasi untuk mencari *setting* parameter yang optimum dengan obyek produk *stationery TB 650*, didapat nilai-nilai sebagai berikut :

Tekanan Injeksi (P_{Inj}) = 8.578 MPa,
 Temperatur Injeksi (T_{Melt}) = 240 °C, serta
 Waktu Pendinginan (t_{Col}) = 20 s .

4. Kesimpulan

- 1) Cacat produk dapat terjadi bila tidak tepat dalam menentukan setting parameter proses tekanan injeksi, temperatur injeksi serta waktu pendinginan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kecenderungan terlalu rendah untuk nilai tekanan Injeksi akan menyebabkan cacat produk berupa *short shot*, *sink mark*, sedangkan bila terlalu tinggi akan menyebabkan *part flashing*, untuk parameter temperatur injeksi, hasil simulasi menunjukkan bahwa kecenderungan terlalu rendah untuk nilai temperatur injeksi akan menyebabkan cacat produk berupa *short shot*, *sink mark*, *dirty*, *flow mark*, sedangkan sebaliknya, akan menyebabkan cacat produk berupa *silver brain*, *part flashing*. Sedangkan untuk parameter waktu pendinginan, hasil simulasi menunjukkan bahwa *setting* nilai terlalu rendah akan menyebabkan masalah pada saat pelepasan produk dari cetakan, sedangkan bila lebih lama akan lebih baik, namun kurang efisien dari sisi pemakaian waktu produksi. Dengan demikian, menentukan *setting* parameter proses yang tepat dapat mengurangi terjadinya cacat produk.
- 2) Untuk produk *stationery TB 650*, didapatkan *setting* yang optimum adalah pada kisaran sebagai berikut : Tekanan Injeksi (P_{Inj}) = 8.578 MPa, Temperatur Injeksi (T_{Melt}) = 240 °C , serta Waktu Pendinginan (t_{Col}) = 20 s .

Dari penelitian ini, saran yang dapat disampaikan, sebagai berikut :

Penggunaan *software Molding Process* dan *CAD* untuk pelaku usaha kecil menengah dalam industri *injection molding* sangat berguna, karena dapat mengurangi material yang terbuang saat uji coba produk baru

serta dapat mempersingkat waktu dalam mencari *setting* parameter proses.

DAFTAR PUSTAKA

- a. Askeland, D., and Phule, P. *The Science & Engineering of Materials*, International Student Edition, Thomson, 2006.
- b. Ahuru R., Keefe M. *Simulation of Injection Molding into Rapid-prototyped molds*, Rapid Prototyping Journal, Vol.7 No.1, pp.42-51, 2001.
- c. Donald, V. Rosato. *Injection Molding Handbook 3rd Edition*, Kluwer Academic Publisher, Massachusetts, 2000.
- d. Ding D., Townsend P., Webster M.F. *Finite Element Simulation of an Injection Molding Process*, International Journal for Numerical Method for Heat & Fluid Flow, Vol.7 No.7, pp.751-766, 1997.
- e. Groover, M. *Fundamentals of Modern Manufacturing : material, processes, and system*, 3rd Edition, John Wiley & Sons, 2007
- f. Henz, Tamma, and Mohan, Ngo. *Process Modeling of composites by resin transfer molding*, International Journal for Numerical Method for Heat & Fluid Flow, Vol.15 No.7, pp.631-653, 2005.
- g. Halliday, D., and Resnick, R. *Fundamental of Physics*, 7th Edition, John Wiley & Sons, 2004.