

**ANALISIS PRODUK SPION PS 135 DENGAN PENGATURAN PARAMETER
INJECTION TIME MATERIAL PLASTIK POLYPROPYLENE (PP) PADA
PROSES INJECTION MOLDING**

Singgih Fitriyanto, Yuyun Estriyanto dan Dinar Susilo Wijayanto

Prodi Studi Pendidikan Teknik Mesin
JPTK FKIP Universitas Sebelas Maret

Alamat Korespondensi: Kampus V UNS Pabelan JL. Ahmad Yani 200, Kartasura,
Sukoharjo, Tlp/Fax 0271 718419
HP 083866157546, Email : singgihfiyan@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: (1) pengaruh parameter *injection time* terhadap kualitas produk spion truk Mitsubishi PS 135 hasil *injection molding*; (2) parameter *injection time* yang menghasilkan produk dengan kualitas terbaik pada proses *injection molding* pada produk spion truk Mitsubishi PS 135 dengan plastik *Polypropylene* (PP) menggunakan *software Autodesk Inventor 2013*; (3) kesesuaian antara simulasi pada *software Autodesk Inventor* dengan aplikasi produksi di industri pada proses *injection molding* produk spion truk Mitsubishi PS 135 dengan material plastik *Polypropylene* (PP). Penelitian ini dilakukan dengan melakukan analisis kualitas produk spion truk Mitsubishi PS 135 hasil *injection molding*. Analisis produk dilakukan dengan simulasi menggunakan *software Autodesk Inventor 2013*. Parameter kerja *injection molding* yang digunakan adalah *mold temperature* 50°C, *melt temperature* 230°C, *maximum machine injection pressure* 85 MPa, *clamp open machine time* 7 s, dengan memvariasikan parameter *injection time* yaitu 0,5s; 1 s; 1,5 s; 2 s; 2,5 s; 3 s; 3,5 s; 4 s; 4,5 s; 5 s; 5,5 s; 6 s; 6,5 s; 7 s; 7,5 s; 8 s; 8,5 s; 9 s; 9,5 s; 10 s. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan teknik deskriptif. Hasil penelitian ini: (1) parameter *injection time* mempengaruhi kualitas produk spion truk Mitsubishi PS 135 pada proses *injection molding*; (2) hasil simulasi dengan *software Autodesk Inventor* menunjukkan bahwa parameter *injection time* terbaik untuk produk spion truk Mitsubishi PS 135 adalah pada rentang 2,5s ^S/_d 6,5s; (3) hasil produk dari eksekusi menggunakan mesin *injection molding* di industri menunjukkan bahwa *software Autodesk Inventor 2013* memiliki kesesuaian dengan aplikasi di industri dan dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan parameter kerja sebelum

melakukan proses injeksi di mesin *injection molding* untuk memaksimalkan kualitas produk *injection molding*.

Kata kunci: *injection molding, injection time, Autodesk Inventor, polypropylene*

PENDAHULUAN

Produk plastik semakin banyak dijumpai pada barang-barang yang digunakan oleh masyarakat saat ini. Barang-barang tersebut mulai dari peralatan rumah tangga, peralatan elektronik, komponen penyusun kendaraan bermotor dan lain sebagainya. Produk-produk plastik banyak dipilih dan digunakan karena memiliki banyak kelebihan seperti ringan, tahan korosi, mudah disimpan, mudah didapatkan, harganya murah serta dapat didaur ulang kembali. Kecenderungan konsumen lebih memilih produk dari plastik daripada produk dari material lain membuat produsen bersaing untuk memproduksi barang-barang yang dibutuhkan konsumen. Produsen sebagai penghasil produk plastik berusaha meningkatkan kapasitas dan variasi produksinya, serta kualitas produk yang dihasilkannya. Peningkatan kualitas dilakukan produsen untuk menarik minat konsumen sehingga memilih dan menggunakan produk buatannya.

Kendala yang sering dihadapi produsen dalam proses produksi adalah produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan cetakan atau terjadi cacat. Cacat produk yang sering ditemukan antara lain cacat *shrinkage*, *short shot*, *air traps* dan *weld lines* yang merupakan cacat akibat adanya urat-urat pada permukaan produk plastik yang ditimbulkan akibat bertemunya dua aliran plastik yang masih belum beku di dalam rongga cetak ketika disuntikkan. Cacat produk itu yang menyebabkan proses produksi membutuhkan waktu yang lama untuk memenuhi target produksi. *Injection time* untuk material plastik *Polypropylene* (PP) yang digunakan terlalu lama atau terlalu cepat, akan mengakibatkan kecacatan produk yang merugikan. Langkah awal yang biasanya dilakukan untuk menghasilkan suatu produk plastik yang berkualitas menggunakan teknik *injection molding* adalah dengan simulasi *try and error*.

Simulasi dilakukan untuk mengetahui desain dan parameter produksi yang sesuai sehingga produk yang dihasilkan pada proses *injection molding* memiliki tingkat kecacatan yang rendah.

Simulasi dapat digunakan sebagai acuan menentukan parameter kerja, sehingga perusahaan dapat menghemat waktu dan biaya. Berbagai variasi *injection time* dapat lebih mudah dilakukan dengan menggunakan *software* simulasi dan untuk melihat kualitas produk, sehingga ketika akan diproduksi, cacat produk dapat diminimalkan.

KAJIAN PUSTAKA

1. Plastik

Plastik adalah polimer, rantai-panjang atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Pakar ilmu material, Van Vlack (1889) berpendapat "Polimer dihasilkan melalui penggabungan banyak unit tunggal (monomer) menjadi satu rantai molekuler" (Djaprie, 2004: 32).

Plastik merupakan polimer sintetik. Siburian dan Simbolon (2008) berpendapat bahwa berdasarkan sifat termalnya, plastik dibagi menjadi 2, yaitu:

- a) Termoplastik, yaitu polimer yang bisa mencair dan melunak.
- b) Termoset, yaitu polimer yang tidak mau mencair atau meleleh jika dipanaskan.

2. Injection Molding

Injection molding merupakan salah satu proses pemesinan untuk pembentukan material plastik. Pada proses *injection molding*, material plastik dilelehkan, kemudian dimasukkan dalam cetakan (*cavity*) dengan tekanan tinggi sampai memenuhi seluruh rongga di cetakan sehingga terbentuk produk plastik sesuai cetakan. *Injection molding* merupakan metode yang penting dalam industri pembuatan plastik. *Injection molding* banyak dipilih karena memiliki beberapa keuntungan, yaitu kapasitas produksi yang tinggi, sisa penggunaan material (*useless material*) sedikit dan tenaga kerja minimal (Alexandra, 2008).

3. Cacat Benda Kerja *Injection Molding*

Pada proses *injection molding* sering ditemukan cacat benda kerja akibat penentuan parameter produksi yang kurang tepat. *Cacat injection molding* menurut BASF Corp. (2001) antara lain:

1) *Streaks*

Streaks adalah cacat yang ditandai dengan adanya bagian benda kerja tergores.

2) *Peeling/Delamination*

Peeling/delamination adalah cacat yang ditandai dengan adanya bagian pada benda kerja yang mengelupas.

3) *Weld line*

Weld line adalah cacat yang ditandai dengan adanya perubahan warna berupa garis pada benda kerja.

4) *Air entrapments* dan *bubble formation/voids*

Air entrapments dan *Bubble formation/voids* adalah cacat yang ditandai dengan adanya bentuk seperti gelembung udara atau air pada permukaan benda kerja.

5) *Sink marks*

Sink marks adalah cacat yang ditandai dengan adanya cekungan pada permukaan benda kerja.

6) *Voids*

Voids adalah cacat yang ditandai dengan adanya pengisian tidak sempurna pada produk di daerah cekungan.

7) *Short shot*

Short shot adalah cacat yang ditandai dengan adanya rongga benda kerja. Hal ini disebabkan oleh *cavity* tidak terisi penuh oleh *filler*.

8) *Flash formation*

Flash formation adalah cacat yang ditandai dengan adanya *filler* yang ikut tercetak pada benda kerja.

9) *Warpage*

Warpage adalah cacat yang ditandai dengan adanya penyimpangan bentuk dari cetakan.

10) *Deformation on demolding*

Deformation on demolding adalah cacat yang ditandai adanya penyimpangan bentuk atau benda kerja tidak sesuai cetakan.

4. *Software Autodesk Inventor*

Autodesk inventor 2013 merupakan salah satu dari *produk Autodesk Corp*, yang diperuntukkan untuk *engineering design and drawing*. *Autodesk Inventor* merupakan pengembangan dari produk-produk CAD setelah *AutoCAD* dan *Autodesk Mechanical Desktop*. *Autodesk Inventor* memiliki beberapa kelebihan yang memudahkan dalam *design* serta melakukan perhitungan dan simulasi dalam proses *injection molding*. Selain itu *Autodesk Inventor* memiliki tampilan yang lebih menarik dan riil, karena menyediakan fasilitas material yang akan digunakan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *software* simulasi *Autodesk Inventor 2013* untuk dapat mengetahui kualitas produk spion PS 135 pada proses *injection molding*. Simulasi dilakukan dengan mengatur *Injection time* pada berbagai kondisi. Instrumen penelitian yang digunakan sebagai berikut:

1. Material plastik yang digunakan adalah jenis *Polypropylene (PP)* hitam 100% jenis *Globalene 7533* produksi Taiwan PP.
2. Parameter kerja yang divariasi adalah *injection time* dengan 0,5s; 1 s; 1,5 s; 2 s; 2,5 s; 3 s; 3,5 s; 4 s; 4,5 s; 5 s; 5,5 s; 6 s; 6,5 s; 7 s; 7,5 s; 8 s; 8,5 s; 9 s; 9,5 s; 10 s, *mold temperature 50°C*, *melt temperature 230 °C*, *maximum machine injection pressure 85 MPa*, *machine clamp open time 7 s*.
3. Produk yang dianalisis adalah spion truk mitsubishi PS 135

4. Produk yang dianalisis mempunyai volume 229052,146 mm³, massa 0,200 kg serta luas area 155609,462 mm².
5. *Gate location* terdapat pada X= 1,246 mm, Y= -84,097 mm dan Z= 5,500 mm



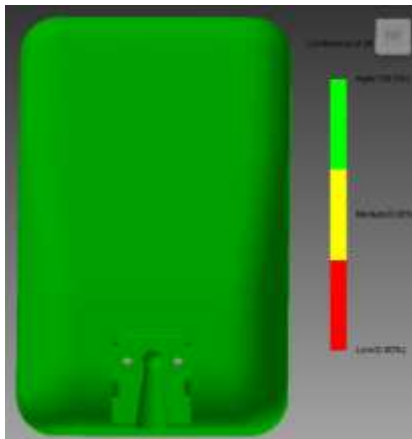
Gambar 1. Letak *Gate Location*

6. *Software* yang digunakan adalah *Autodesk inventor 2013*.
7. Mesin yang digunakan adalah mesin *injection molding* HAITIAN HTF 160.

PEMBAHASAN

1. Hasil Simulasi

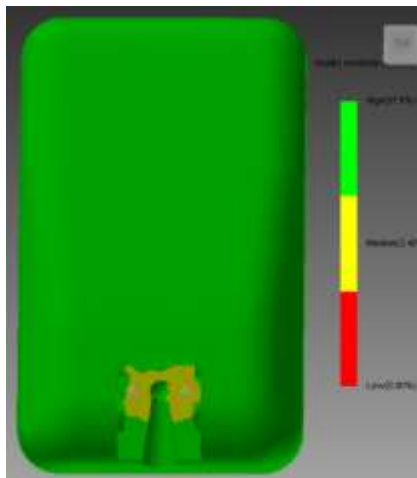
Confidence of Fill



Gambar 1. Hasil Simulasi *Confidence of Fill* dengan variasi *Injection Time*

Hasil simulasi pada variasi parameter *injection time* 0,5s ^{S/d} 10s diketahui bahwa *confidence of fill* (kualitas aliran plastik) bernilai *high* 100%, yang berarti aliran plastik cair mampu mengisi seluruh rongga cetakan dengan sempurna, ditunjukkan dengan produk berwarna hijau.

Quality Prediction



Gambar 2. Hasil Simulasi *Quality Prediction* dengan *Injection Time*

Hasil simulasi untuk semua variasi *injection time* menunjukkan bahwa *quality prediction* (prediksi kualitas) selalu mengalami perubahan yang ditunjukkan dengan nilai prosentase warna. Tempat yang berwarna hijau bernilai *high* kuning itu bernilai *medium* dan tempat yang berwarna merah bernilai *low* tetapi masih dalam batas normal karena produk tidak ada nilai *low* atau warna merah.

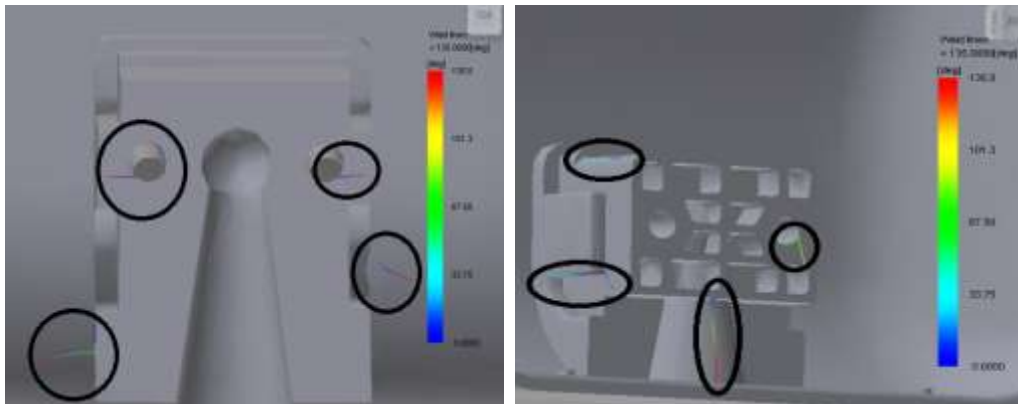
Air Traps



Gambar 3. Hasil Simulasi *Air Traps* dengan *Injection Time*

Hasil simulasi menunjukkan *air traps* (udara yang terjebak) dalam produk terdapat diberbagai tempat dimana terdapat beberapa gelembung udara. *Air traps* terjadi disemua variasi *injection time*. Hal tersebut menunjukkan bahwa variasi *injection time* tidak dapat menghilangkan *air traps*.

Weld Lines



Gambar 4. Hasil Simulasi *Weld Lines* dengan *Injection Time*

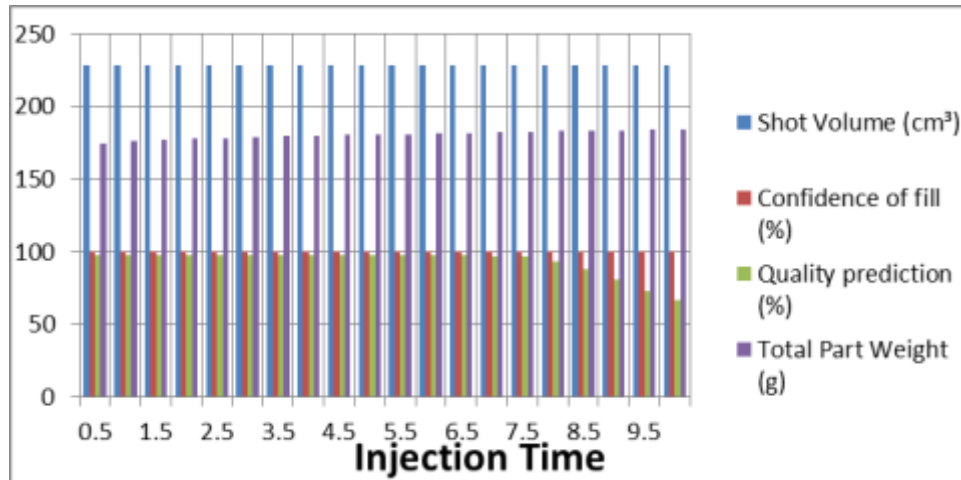
Hasil analisis menunjukkan produk yang disimulasi memiliki cacat *weld lines* (urat-urat) yang terdapat di daerah sekitar *injection point*. *Weld lines* tidak dapat dihilangkan hanya dengan memvariasikan *injection time*.

Simulasi produk spion truk Mitsubishi PS 135 dengan memvariasikan parameter *injection time* dengan menggunakan *software Autodesk Inventor 2013* pada proses *injection molding* diperoleh data hasil pada table 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Data Hasil Simulasi

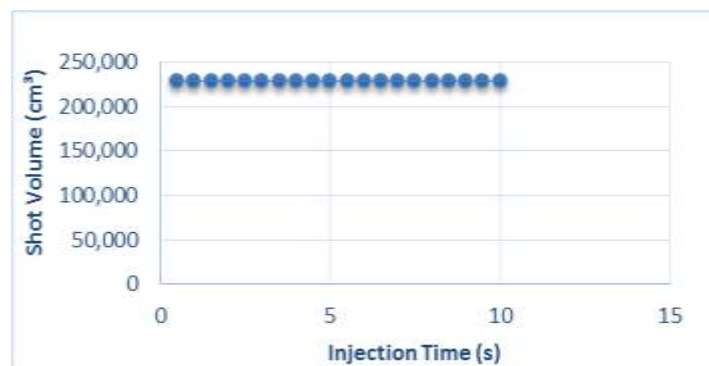
NO	NAMA	Injection Time (second)																			
		0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
1	Actual Filling time (s)	0,53	1,07	1,6	2,13	2,67	3,2	3,74	4,27	4,81	5,35	5,89	6,43	6,96	7,49	8,03	8,57	9,1	9,63	10,18	10,73
2	Actual Injection Pressure (Mpa)	28,15	25,71	24,70	24,17	23,86	23,61	23,50	23,42	23,39	23,35	23,29	23,33	23,41	23,62	23,71	23,79	23,85	23,98	24,08	24,24
3	Clamp Force Area (cm ²)	484,1	484,1	484,1	484,1	484,1	484,1	484,1	484,1	484,1	484,1	484,1	484,1	484,1	484,1	484,1	484,1	484,1	484,1	484,1	484,1
4	Max, Clamp Force During Filling (Tonne)	70,51	64,64	62,33	61,31	60,76	60,42	60,48	60,62	60,88	61,10	61,22	61,60	62,08	62,98	63,42	63,77	64,10	64,59	65,12	65,71
5	Velocity/pressure switch-over at % Volume (%)	98,59	98,58	98,61	98,64	98,65	98,61	98,64	98,68	98,72	98,75	98,74	98,75	98,78	98,86	98,87	98,85	98,86	98,95	98,91	98,95
6	Velocity/pressure switch-over at time (s)	0,52	1,04	1,56	2,08	2,6	3,111	3,64	4,16	4,69	5,21	5,74	6,27	6,79	7,33	7,86	8,38	8,9	9,44	9,96	10,51
7	Estimated Cycle Time (s)	37,8	38,61	39,41	40,71	41,76	42,81	43,87	44,94	46	47,06	48,63	50,2	51,75	53,82	56	56,96	56,76	57,32	58,14	59,25
8	Total Part Weight (g)	174,9	176,1	177,0	177,8	178,4	178,9	179,3	179,8	180,2	180,6	181,0	181,4	181,8	182,2	182,6	182,9	183,3	183,6	183,9	184,3
9	Shot Volume (cm ³)	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4	228,4
10	Clamp Force Estimate During Packing Using	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	20% of Injection Pressure (Tonne)	27,79	25,38	24,38	23,86	23,55	23,30	23,19	23,12	23,09	23,00	22,99	23,03	23,11	23,32	23,41	23,48	23,55	23,67	23,77	23,92
	80% of Injection Pressure (Tonne)	111,1	101,5	97,55	95,44	94,21	93,23	92,78	92,50	92,37	92,22	91,99	92,14	92,45	93,29	93,64	93,93	94,20	94,68	95,08	95,71
	120% of Injection Pressure (Tonne)	166,7	152,3	146,3	143,1	141,3	139,8	139,1	138,7	138,5	138,3	137,9	138,2	138,6	139,9	140,4	140,9	141,3	142,0	142,6	143,5
	Clamp Force Estimate During Packing Using	45	15	27	69	19	55	82	59	67	30	93	16	87	46	61	03	03	26	21	70
11	Fill (Until Switch-Over) (s)	0,52	1,04	1,56	2,08	2,6	3,11	3,64	4,16	4,69	5,21	5,74	6,27	6,79	7,33	7,86	8,38	8,9	9,44	9,96	10,51
12	Estimated Pack and Cool (s)	30,28	30,57	20,85	31,63	32,16	32,7	33,23	33,78	34,31	34,85	35,89	36,93	37,96	39,49	41,28	41,58	40,86	40,88	41,18	41,74
13	Mold Open (s)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
14	Confidence of fill (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
15	Quality prediction (%)	97,4	97,4	97,5	97,5	97,6	97,6	97,6	97,6	97,6	97,6	97,7	97,7	97,8	96,9	96,5	93,5	87,7	80,5	72,8	66,9

Data dan tabel hasil simulasi produk *injection molding* menunjukkan pengaruh variasi parameter *injection time* terhadap kualitas produk yang dihasilkan. Data tersebut ditunjukkan pada gambar 2 berikut:



Gambar 5. Hubungan *Injection Time* dengan *Shot Volume*, *Total Part Weight*, *Confidence of Fill*, dan *Quality Prediction* pada Simulasi Produk *Injection Molding* Spion Truk Mitsubishi PS 135.

a. Hubungan *Injection Time* dengan *Shot Volume*

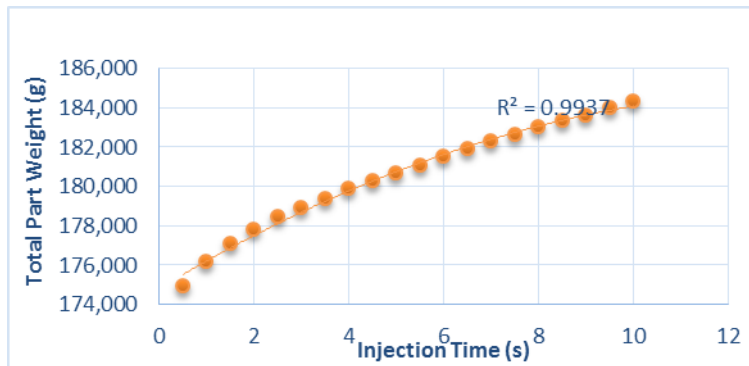


Gambar 6. Grafik Hubungan *Injection Time* dengan *Shot Volume* pada Simulasi Produk *Injection Molding* Spion Truk Mitsubishi PS 135

Gambar 6 di atas menunjukkan bahwa volume lelehan yang diinjeksikan akan selalu tetap walaupun dilakukan variasi terhadap *injection time*, sehingga pada

dasarnya variasi *injection time* tidak berpengaruh terhadap jumlah volume yang akan diinjeksikan. Hal ini dikarenakan jumlah volume yang diinjeksikan dipengaruhi oleh kecepatan fluida. Ketika waktu injeksi semakin secara otomatis mesin akan memberikan tekanan yang lebih tinggi yang mengakibatkan kecepatan fluida tersebut bertambah sehingga dapat memenuhi seluruh ruangan *cavity*.

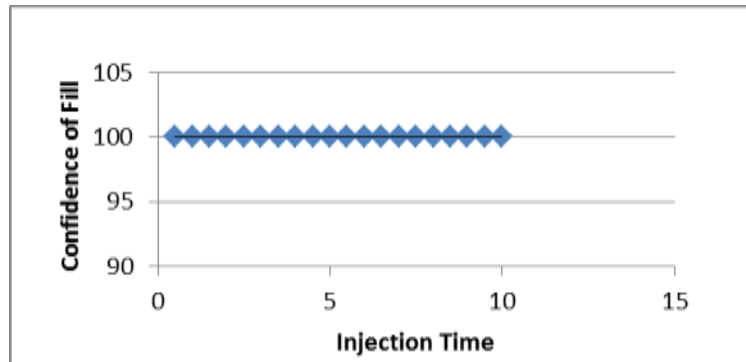
b. Hubungan *Injection Time* dengan *Total Part Weight*



Gambar 7. Grafik Hubungan *Injection Time* dengan *Total Part Weight* pada Simulasi Produk *Injection Molding* Spion Truk Mitsubishi PS 135

Gambar 7 di atas menunjukkan peningkatan parameter *injection time* menyebabkan peningkatan *total part weight*. Peningkatan *total part weight* ini dikarenakan semakin lama waktu injeksi menyebabkan molekul plastik semakin rapat pada saat pengisian *cavity*, sehingga beratnya meningkat.

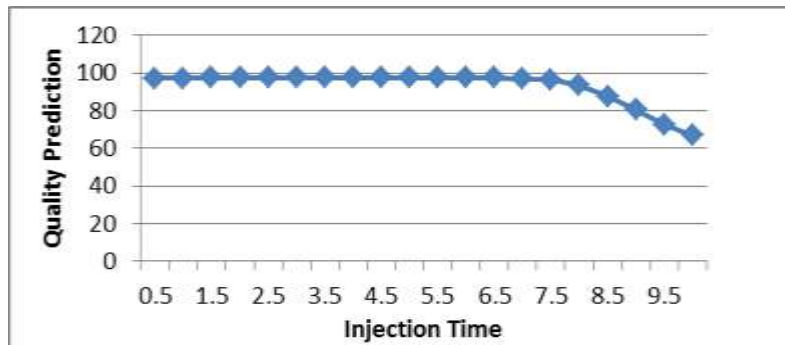
c. Hubungan *Injection Time* dengan *Confidence of fill*



Gambar 8 Grafik Hasil Analisis *Confidence of Fill* Hasil Simulasi Produk *Injection Molding* Spion Truk Mitsubishi PS 135

Gambar 8 di atas menunjukkan *confidence of fill* produk *injection molding* hasil simulasi tetap meskipun parameter *injection time* meningkat, hal itu dikarenakan semakin cepat waktu, *injection pressure* mesin juga akan semakin meningkat, sehingga mampu memenuhi semua bagian *cavity*.

d. Hubungan *Injection Time* dengan *Quality Prediction*



Gambar 9 Grafik Hasil Analisis *Quality Prediction* Hasil Simulasi Produk *Injection Molding* Spion Truk Mitsubishi PS 135.

Gambar 9 hasil analisis produk *injection molding* dengan simulasi menunjukkan produk yang nilai kualitas tinggi merupakan produk dengan parameter *injection time* pada rentang 2,5s $\frac{s}{d}$ 6,5s. Penurunan *injection time* di bawah 2,5s menunjukkan tingkat penyusutan yang semakin tinggi, hal ini dimungkinkan akan

terjadi cacat *sink mark*. Dengan parameter diatas 6,5s molekulnya akan semakin rapat dan penyusutannya akan semakin rendah dan dimungkinkan akan terjadi *flash formation*. Kualitas produk akan menurun pada penggunaan parameter *injection time* di bawahnya dan di atasnya 6,5s.

e. Hubungan *Injection Time* dengan *Air traps*

Hasil penelitian menunjukkan pada semua variasi parameter *injection time* terdapat *air traps* yang cukup banyak. Tidak terjadi perubahan yang signifikan pada jumlah *air traps* pada peningkatan penggunaan parameter *injection time*.

f. Hubungan *Injection Time* dengan *Weld lines*

Hasil analisis produk *injection molding* dengan simulasi menggunakan *software Autodesk Inventor 2013* dengan memvariasikan parameter *injection time* menunjukkan keseluruhan produk hasil simulasi mengalami cacat *weld lines*. Dari hasil analisis menggunakan *software Autodesk Inventor 2013* menunjukkan cacat *weld lines* terjadi pada daerah sekitar *injection point*, hal ini menunjukkan pada daerah sekitar *injection point* terdapat banyak pertemuan aliran plastik sehingga timbul cacat *weld lines*.

2. Hasil Eksekusi dengan Mesin *Injection Molding*

Eksekusi dilakukan untuk mengetahui kesesuaian hasil dari simulasi yang telah dilakukan dengan menggunakan *software Autodesk Inventor 2013*, dengan kondisi benda nyata hasil *injection molding*, menggunakan mesin injeksi.



Gambar 10. Hasil Injeksi dengan Parameter *Injection Time* 0,5s



Gambar 11. Hasil Injeksi dengan Parameter *Injection Time* 2s



Gambar 12. Hasil Injeksi dengan Parameter *Injection Time* 6,5s

Analisis yang dilakukan dengan bimbingan expert di bidang *injection molding*, dengan melihat produk hasil *injection molding* secara visual dan mengidentifikasi kualitas produk hasil *injection molding* serta membandingkannya dengan analisis produk menggunakan *software Autodesk Inventor 2013*, dapat diketahui bahwa *software Autodesk Inventor 2013* memiliki kesesuaian dengan benda nyata hasil *injection molding* dari eksekusi, di mesin *injection molding*. Akan tetapi *software Autodesk Inventor* tidak dapat digunakan secara langsung hal ini disebabkan ada banyak faktor yang berpengaruh dalam proses *injection molding*

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Parameter *injection time* mempengaruhi kualitas produk hasil injeksi (*total part weight, quality prediction* dan mengurangi cacat pada produk)
2. Kualitas produk paling baik terjadi pada parameter *injection time* pada rentang 2,5s ^{S/d} 6,5s, jika parameter *injection time* kurang dari 2,5s kualitasnya menurun karena terjadi banyak penyusutan, dan jika parameter *injection time* lebih dari 6,5s kualitasnya menurun karena terjadi *flash formation*.
3. Software *Autodesk Inventor 2013* sebagai media simulasi mempunyai kesesuaian dengan mesin *injection molding* di industri

DAFTAR PUSTAKA

- Akbarzadeh & Sadeghi. (2011). "Parameter Study in Plastic Injection Molding Process using Statistical Methods and IWO Alogarithm". *International Journal of Modeling and Optimization*, 1 (2), 141-145
- Alexandra, Stefanie (2008). Implementasi Desain Eksperimen untuk Mengurangi Kecacatan Produk pada Proses *Injection Molding* yang Menggunakan Bahan Daur Ulang di PT. Meta Plastik. Skripsi dipublikasikan, Universitas Kristen Petra: Surabaya
- Arvind.K.S & D.K Singh (2012). Modelling and Analysis of Mold Filling Parameters for PP and ABS Materials Using Software Simulation. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 1 (7), 1-5
- BASF (2001). *Injection Molding Processing Solutions*. USA: BASF Corporation
- Callister, W.D. & Rethwisch, D.G. (2008). *Fundamentals of Materials Science and Engineering*. Asia: John Wiley & Sons, Inc
- Harper, C.A. & Petrie, E.M. (2003). *Plastics Materials and Processes-A Concise Encyclopedia*. Canada: John Wiley & Sons, Inc
- Harper, C.A. (Ed) (2006). *Handbook of Plastics Tecnologies*. United States of America: The Mc.Graw-Hill Companies, Inc

- Hidayat, Nur & Shanhaji, Ahmad (2011). *Autodesk Inventor Mastering 3D Mechanical Design*. Bandung: Informatika
- Malloy, Robert. (1994). *Plastic Part Design for Injection Molding*. New York: Hanser
- Sugiyono. (2008). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugondo, Anggono, Hardianto (2007). “Minimalisasi Cacat dengan Pengaturan Tekanan terhadap Kualitas Produk pada Proses *Injection Molding* dengan Menggunakan Simulasi”. *Tekno Sim 2007*
- Van Vlack, L.H. (2004). *Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material*. Terj. Sriati Djaprie. Jakarta: Erlangga