

**ANALISIS PRODUK SPION PS135 DENGAN PENGATURAN
PARAMETER *MOLD TEMPERATURE* MATERIAL PLASTIK
POLIPROPILENE PADA PROSES *INJECTION MOLDING*
(STUDI KASUS PT. SINAR AGUNG SELALU SUKSES KARANGANYAR JAWA
TENGAH)**

Predi Arif Nugroho, Danar Susilo Wijayanto dan Budi Harjanto

Prodi. Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Pendidikan Teknik Kejuruan, FKIP, UNS
Kampus UNS Pabelan JL. Ahmad Yani 200, Surakarta, Tlp/Fax 0271 718419
Email : distha@rocketmail.com

ABSTRACT

The objectives of this research are to investigate the effect of mold temperature variations on the flash formation and weld line, the mold temperature resulting in the rearview mirror case product with optimal quality on the injection molding process of the polypropylene globalene 7533 (PP) plastic product by using simulation software and on injection molding machine. The correspondence between the simulation of the software and the production application in industry on injection molding process for the design of mold temperature of injection molding process of the polypropylene globalene 7533 (PP) plastic product.

This research used the descriptive quantitative. The samples of the research were the rearview mirror cases of PS135. The data of the research were gathered from simulations by using the software of Autodesk Inventor 2013 with the mold temperature parameters of 20°C, 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, and 90°C. They were then entered into a table, displayed in the form of graphs, and analyzed.

The results of the research are as follows the mold temperature influences the flash formation and weld line, The parameter which is optimal for the injection molding process based on the measurement with the software of Autodesk Inventor 2013 prevails and on the injection molding obtained through the use of machine of HAITIAN HTF 160X exists at the mold temperature of 20°C. The result of simulation by using the software of Autodesk Inventor 2013 is the same as that of the process on the actual injection molding machine.

Keywords: mold temperature, polypropilene, injection molding, Autodesk Inventor 2013, flash formation and weld line

PENDAHULUAN

Pemakaian barang-barang yang terbuat dari bahan baku plastik semakin meningkat. Hal ini dikarenakan plastik mempunyai banyak kelebihan-kelebihan yang mulai diperhitungkan oleh

masyarakat. Keunggulan plastik pada umumnya adalah lebih efisien dibandingkan penggunaan logam atau kayu dan juga proses pengerjaannya yang relatif sederhana. Selain efisien, plastik

juga lebih ringan, lebih murah dan mudah dibentuk.

Masalah yang banyak terjadi dalam proses produksi adalah produk yang dihasilkan tidak sempurna sesuai dengan cetakan atau terjadi cacat sambungan (*weld line*) dimana terdapat material sisa yang menempel pada produk dan cacat sisa (*flash formation*) dimana terdapat material sisa yang menempel pada produk. Hal ini menyebabkan proses produksi membutuhkan waktu yang lama untuk memenuhi target produksi. Langkah awal yang dilakukan untuk menghasilkan suatu produk plastik yang berkualitas dengan mesin *injection molding* adalah dengan *try and error*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui desain dan parameter produksi yang sesuai, sehingga produk yang dihasilkan pada proses *injection molding* memiliki tingkat kecacatan yang rendah. Untuk menghemat waktu dan biaya, cara ini dapat diminimalkan dengan melakukan simulasi untuk mengatur *mold temperatur*. Berbagai variasi *mold temperatur* dapat lebih mudah dilakukan dengan menggunakan *software autodesk inventor* dan untuk melihat kualitas produk sehingga ketika akan diproduksi, proses *try and error* dapat diminimalkan. Pada penelitian ini akan dianalisis pengaruh variasi *mold temperature* terhadap cacat *weld line* dan *flash formation* pada spion

PS135 material *polipropilene globalene 7533*.

KAJIAN PUSTAKA

Mesin *Injection Molding*

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. Bahan baku yang digunakan juga dapat diolah dalam satu kali proses dan pada umumnya metode ini juga tidak memerlukan proses *finishing*. Keunggulan metode *injection molding* adalah kita dapat membuat suatu benda dengan bentuk geometri yang kompleks dalam satu langkah produksi yang dilakukan secara otomatis. Kekurangan metode *injection molding*, biaya investasi dan perawatan alat tinggi, serta perancangan produk harus mempertimbangkan pembuatan desain cetakannya.

Proses *Injection Molding*

Proses *injection molding* merupakan proses yang kompleks karena melibatkan beberapa langkah proses yang diawali dengan langkah pengisian material (*mold filling*) yaitu bahan plastik leleh akan mengalir dari unit injeksi melalui *sprue, runner, gate* dan masuk ke dalam

cavity. Bahan plastik yang ada di dalam *cavity* kemudian ditahan di dalam *mold* di bawah tekanan tertentu untuk menjaga adanya *shrinkage* selama produk mengalami pendinginan. Tekanan *holding* biasanya diberikan sampai bahan plastik di daerah *gate* membeku. Langkah penahanan material di dalam *mold* ini biasa disebut *holding*. Bahan plastik tersebut akan mengalami proses pendinginan di dalam *mold* yang disebut dengan *cooling*. Langkah terakhir dari proses adalah pengeluaran produk (*part ejector*) yaitu *mold* membuka dan produk yang sudah membeku tadi didorong keluar dari *cavity* oleh *ejector*.

Plastik

Plastik merupakan material *nonmetalik sintetik* yang dapat dibentuk dengan menggunakan *casting*, *molding*, atau *extruding* dan bisa dikeraskan untuk mempertahankan bentuk yang diinginkan. Secara garis besar plastik dapat dikategorikan menjadi 2, yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting*. Termoplastik, yaitu polimer yang bisa mencair dan melunak. Termoset, yaitu polimer yang tidak mencair atau meleleh jika dipanaskan.

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) *Weld line*

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

2) *Air entrapments*

Air entrapments adalah cacat yang ditandai dengan adanya bentuk seperti gelembung udara atau air pada permukaan benda kerja.

3) *Delamination*

Delamination adalah cacat yang ditandai dengan adanya bagian benda kerja yang mengelupas.

4) *Warpage*

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

5) *Sink marks*

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

6) *Deformation on demolding*

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

7) *Voids*

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

8) *Streaks*

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

9) *Short shot*

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

10) *Flash formation*

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

AutoDesk Inventor 2013

Autodesk Inventor merupakan sebuah *software CAD (computer-aided design and drafting)* dengan kemampuan pemodelan 3 dimensi *solid* untuk proses pembuatan objek *prototipe 3D* secara *visual*, simulasi, dan *drafting* beserta dokumentasi data-datanya.

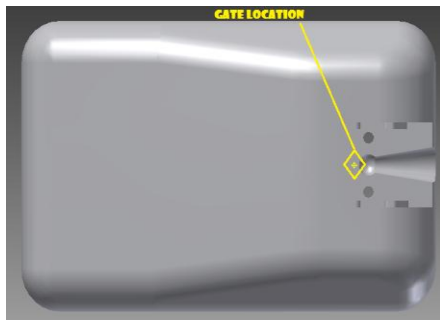
Dalam *Inventor*, bisa dibuat sketsa 2D produk, memodelkannya menjadi 3D untuk dilanjutkan dengan proses pembuatan *prototipe visual (render)* atau yang lebih kompleks lagi yaitu simulasi.

Inventor dapat menguji cara kerja dari produk yang dibuat dengan *Motion Simulation Modul* yang terintegrasi. Pengukuran tegangan daya maupun pembebanan juga dapat dilakukan dengan bantuan *Assembly Stress Analysis Environment*. *Autodesk Inventor* memiliki beberapa kelebihan yang memudahkan dalam *design* serta tampilan yang lebih menarik dan riil, karena fasilitas material yang disediakan.

METODE PENELITIAN

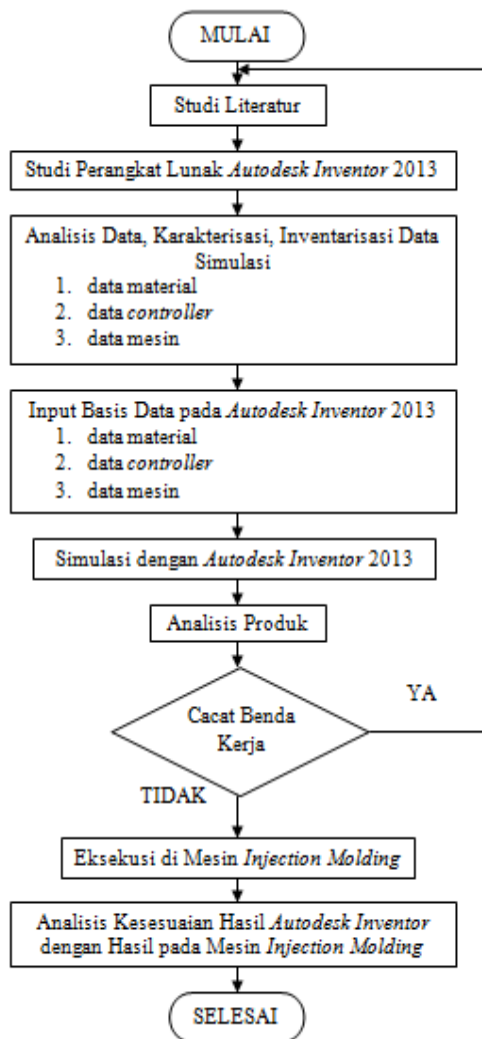
1. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Penelitian dilakukan menggunakan *software* simulasi *AutoDesk Inventor 2013* dengan mengatur *mold temperature* untuk dapat mengetahui kualitas produk spion PS 135 pada proses *injection molding* menggunakan mesin *injection molding HAITIAN HTF 160X*. Instrumen penelitian ini menggunakan parameter *melt temperature 230°C*, *injection pressure 85MPa*, *injection time 2s* dan *machine time open clamp 7s*. Parameter yang divariasikan adalah *mold temperature* dengan variasi 20 °C, 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C, 90 °C. Material plastik yang digunakan adalah jenis *Polypropylene (PP) globalene 7533*.

Gate location terdapat pada $X=1,246$ mm, $Y=84,097$ mm dan $Z= 5,500$ mm.



Gambar 1. *Gate Location*

Diagram alir pengujian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. *Prosedur Penelitian*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Confidence of fill



Gambar 3. *Confidence Of Fill*

Hasil simulasi menggunakan variasi *mold temperature* 20 s/d 90°C menunjukkan bahwa aliran plastik cair mampu mengisi seluruh rongga cetak dengan sempurna, karena nilai yang ditunjukkan 100% *high. Confidence of fill* ini ditunjukkan dengan warna hijau pada semua bagian.

Quality Prediction



Gambar 4. *Quality Prediction*

Hasil simulasi menggunakan variasi *mold temperature* 20 s/d 90°C dinyatakan berkualitas baik dengan tidak adanya nilai pada indikator *low* dan mayoritas benda berwarna hijau atau *high*.

Air Traps



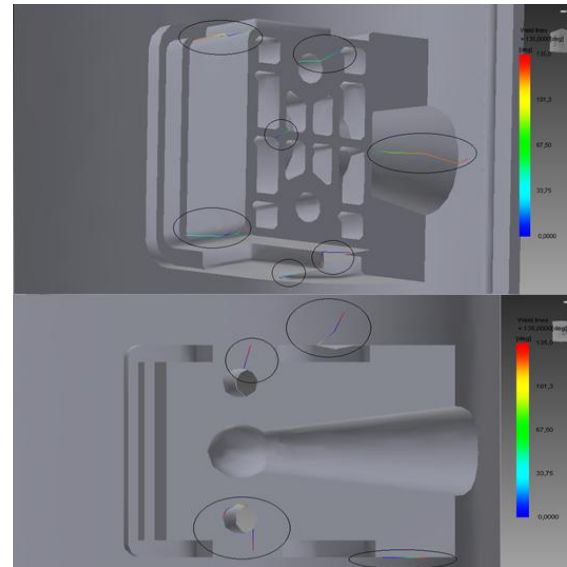
Gambar 5. Air Traps

Pada simulasi ini ditemukan air traps yang terjadi pada bagian sisi luar dan sisi dalam benda yang ditunjukkan dengan lingkaran berwarna merah muda. Air traps terjadi pada semua variasi *mold temperature*. Hal tersebut menunjukkan bahwa variasi *mold temperature* tidak dapat menghilangkan air traps.

Weld Lines

Tabel 1. Hasil Simulasi Produk Spion PS135 dengan Parameter *Mold Temperature* antara 20 s/d 90°C Menggunakan *AutoDesk Inventor 2013*

<i>Summary</i>	<i>Mold temperature</i>							
	20	30	40	50	60	70	80	90
<i>Actual filling time (s)</i>	2,15	2,14	2,14	2,14	2,14	2,13	2,13	2,13
<i>Actual injection pressure (MPa)</i>	25,529	25,111	24,642	24,198	23,688	23,189	22,697	22,161
<i>Clamp force area (cm²)</i>	484,1733	484,1733	484,1733	484,1733	484,1733	484,1733	484,1733	484,1733
<i>Max. clamp force during filling (tonne)</i>	64,349	63,463	62,343	61,407	60,150	58,974	57,834	56,552
<i>Velocity/pressure switches/dover at % volume (%)</i>	98,66	98,65	98,65	98,65	98,63	98,63	98,62	98,672
<i>Velocity/pressure switches/dover at time (s)</i>	2,09	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,07
<i>Estimated cycle time (s)</i>	29,74	31,98	35,47	40,72	56,46	611,21	611,20	611,20
<i>Total part weight (g)</i>	178,843	178,532	178,212	177,825	177,410	176,975	176,546	176,104
<i>Shot volume (cm³)</i>	228,4521	228,4521	228,4521	228,4521	228,4521	228,4521	228,4521	228,4521
<i>Clamp force estimate during packing using</i>								
<i>20% of the injection pressure (tonne)</i>	25,200	24,787	24,325	23,887	23,384	22,891	22,404	21,876
<i>80% of the injection pressure (tonne)</i>	100,802	99,150	97,300	95,547	93,535	91,563	89,618	87,505
<i>120% of the injection pressure (tonne)</i>	150,202	148,724	145,951	143,320	140,302	137,344	134,427	131,257
<i>Cycle time breakdown</i>								
<i>Fill (until switches/dover) (s)</i>	2,09	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,07
<i>Estimated pack and cool (s)</i>	20,65	22,90	26,39	31,64	47,38	602,13	602,12	602,13
<i>Mold open (s)</i>	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00

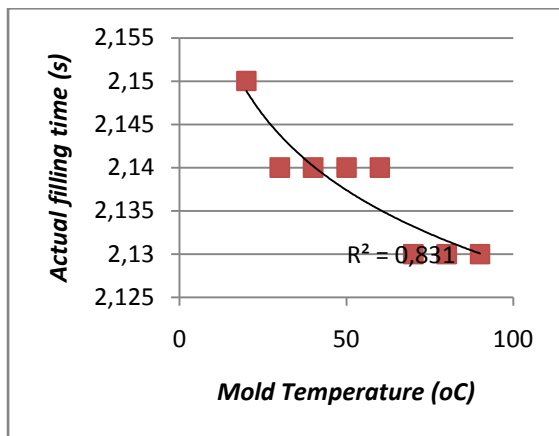


Gambar 6. Weld Line

Weld line ditemukan pada simulasi ini yang berupa garis-garis pada bagian sisi luar dan dalam benda. Weld line terjadi pada semua variasi *mold temperature*. Hal tersebut menunjukkan bahwa variasi *mold temperature* tidak dapat menghilangkan weld line.

Data dan tabel hasil simulasi produk *injection molding* menunjukkan pengaruh variasi parameter *mold temperature* terhadap kualitas produk yang dihasilkan.

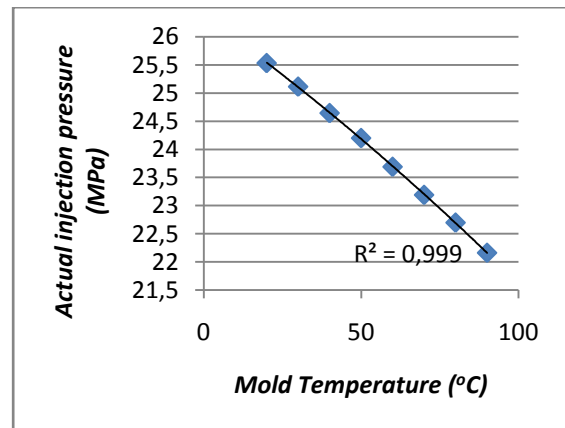
1. Hubungan *mold temperature* dengan *actual filling time*.



Gambar 7. Grafik *Actual Filling Time* terhadap *Mold Temperature* pada Simulasi Produk Spion PS135 Menggunakan *Software AutoDesk Inventor 2013*.

Gambar 7. menunjukkan grafik yang mengalami penurunan yang tidak konstan. Hal ini terjadi karena semakin tinggi *mold temperature* maka aliran *melt* semakin lancar. Hal ini disebabkan tidak ada pendinginan secara otomatis oleh *mold temperature* yang bersuhu rendah, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan semakin cepat.

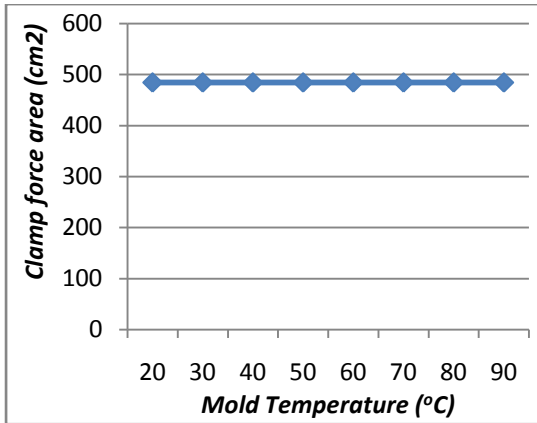
2. Hubungan *mold temperature* dengan *actual injection pressure*



Gambar 8. Grafik *Actual Injection Pressure* terhadap *Mold Temperature* pada Simulasi Produk Spion PS135 Menggunakan *Software AutoDesk Inventor 2013*.

Gambar 8. menunjukkan grafik yang menurun secara bertahap *actual injection pressure* mengalami penurunan dikarenakan semakin *panas mold temperature* maka tidak ada pendinginan *melt* secara otomatis oleh *mold* yang bersuhu rendah, sehingga semakin lancar aliran *melt* mengisi rongga cetakan. Hal ini mengakibatkan *actual injection pressure* semakin kecil.

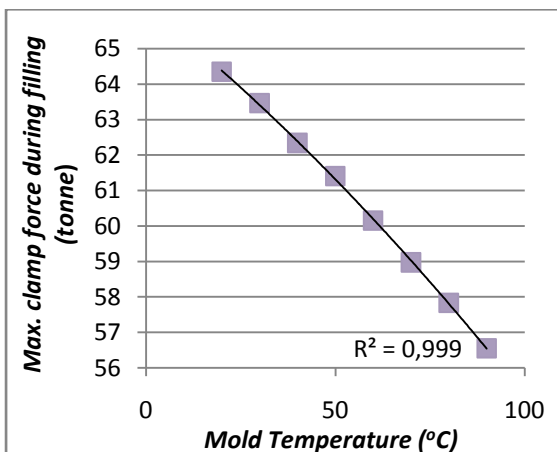
3. Hubungan *mold temperature* dengan *clamp force area*



Gambar 9. Grafik *Clamp Force Area* terhadap *Mold Temperature* pada Simulasi Produk Spion PS135 Menggunakan *Software AutoDesk Inventor 2013*.

Gambar 9 menunjukkan grafik *clamp force area* stabil tidak mengalami perubahan. Hal ini disebabkan karena menggunakan *mold* yang sama, sehingga luasnya sama.

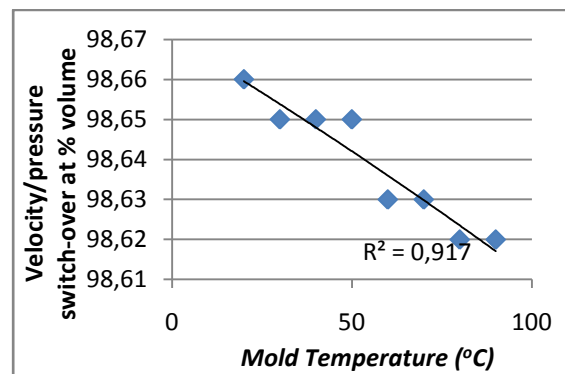
4. Hubungan *mold temperature* dengan *max. clamp force during filling*.



Gambar 10. Grafik *Max. Clamp Force During Filling* terhadap *Mold Temperature* pada Simulasi Produk Spion PS135 Menggunakan *Software AutoDesk Inventor 2013*.

Gambar 10. menunjukkan grafik yang menurun secara bertahap *max. clamp force during filling* mengalami penurunan dikarenakan semakin *panas mold temperature* maka tidak ada pendinginan *melt* secara otomatis oleh *mold* yang bersuhu rendah, sehingga semakin lancar aliran *melt* mengisi rongga cetakan. Hal ini mengakibatkan *max. clamp force during filling* semakin kecil.

5. Hubungan *mold temperature* dengan *velocity/pressure switchs/dover at % volume*.

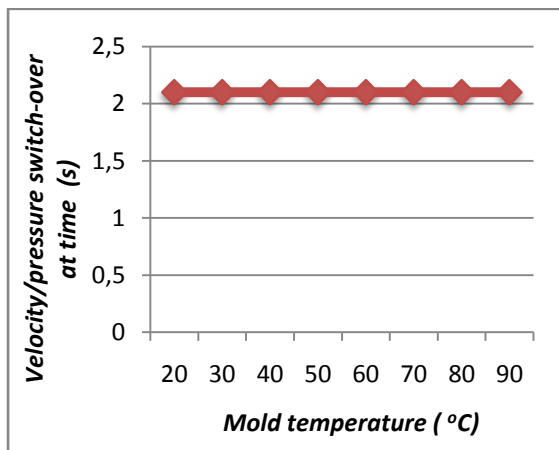


Gambar 11. Grafik *Velocity/Pressure Switchs/Dover at % Volume* terhadap *Mold Temperature* pada Simulasi Produk Spion PS135 Menggunakan *Software AutoDesk Inventor 2013*.

Gambar 11. menunjukkan grafik penurunan yang tidak konstan pada *velocity/pressure switchs/dover at % volume*. Hal ini disebabkan karena pada suhu *mold* yang rendah 20 °C yang berada dibawah suhu ruang maka tidak terjadi penyusutan pada material yang terlalu besar. Ketika suhu naik diantara suhu

ruang sekitar 30 s/d 50 °C terjadi penurunan *velocity/pressure switches/dover at % volume* yang disebabkan oleh penyusutan pada material yang relatif masih kecil.

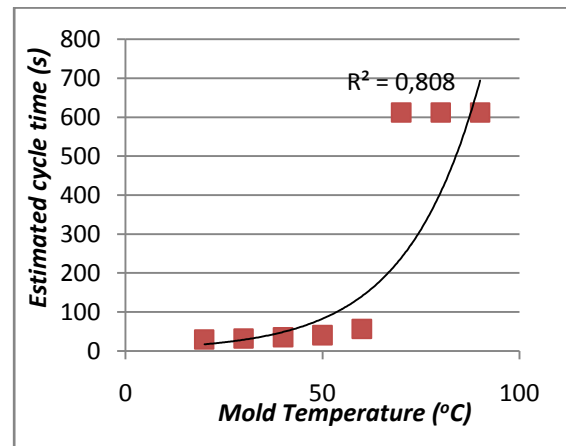
6. Hubungan *mold temperature* dengan *velocity/pressure switches/dover at time*.



Gambar 12. Grafik *Velocity/Pressure Switches/Dover at Time* terhadap *Mold Temperature* pada Simulasi Produk Spion PS135 Menggunakan *Software* AutoDesk Inventor 2013.

Gambar 12. menunjukkan grafik *velocity/pressure switches/dover at time* stabil tidak mengalami perubahan. Hal ini disebabkan karena menggunakan *mold* yang sama, sehingga *velocity/pressure switches/dover at time* sama.

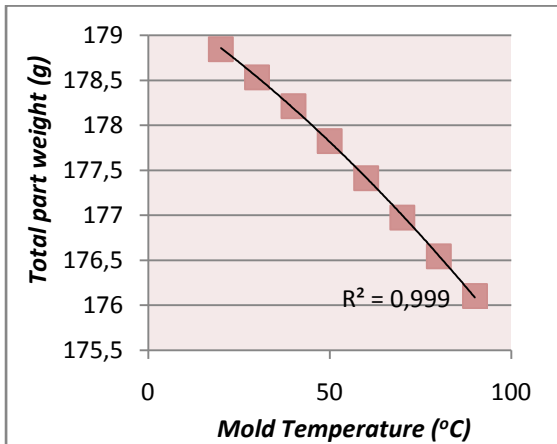
7. Hubungan *mold temperature* dengan *estimated cycle time*.



Gambar 13. Grafik *Estimated Cycle Time* terhadap *Mold Temperature* pada Simulasi Produk Spion PS135 Menggunakan *Software* AutoDesk Inventor 2013.

Gambar 13. menunjukkan grafik *estimated cycle time* yang mengalami kenaikan sangat signifikan antara *mold temperature* 60 s/d 70 °C. Hal ini disebabkan karena *mold temperature* 20 s/d 60 °C masih mendekati suhu ruang, sehingga pendinginan oleh udara skitar masih dapat dilakukan dengan waktu yang relatif cepat. *Estimated cycle time* yang dibutuhkan untuk satu kali *inject* relatif cepat. *Mold temperature* yang bersuhu diatas suhu ruang yaitu 70 s/d 90 °C akan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk pendinginan dan plastisasi *melt* sehingga waktu yang dibutuhkan untuk satu kali proses *inject* sangat lama.

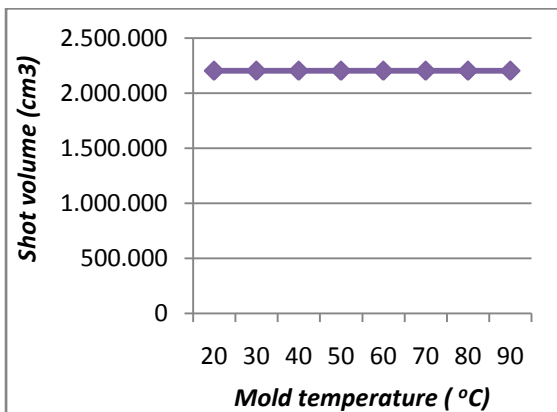
8. Hubungan *mold temperature* dengan *total part weight*



Gambar 14. Grafik *Total Part Weight* terhadap *Mold Temperature* pada Simulasi Produk Spion PS135 Menggunakan *Software AutoDesk Inventor 2013*.

Gambar 14. menunjukkan grafik yang menurun secara bertahap. Berat komponen mengalami penurunan dikarenakan semakin panas *mold temperature* maka semakin besar tingkat penyusutan yang terjadi pada benda. Hal ini mengakibatkan berat dari komponen berkurang.

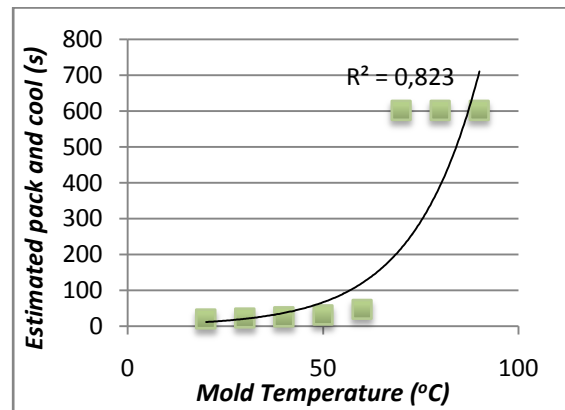
9. Hubungan *mold temperature* dengan *shot volume*.



Gambar 15. Grafik *Shot Volume* terhadap *Mold Temperature* pada Simulasi Produk Spion PS135 Menggunakan *Software AutoDesk Inventor 2013*.

Gambar 15. menunjukkan grafik *shot volume* stabil tidak mengalami perubahan. Hal ini disebabkan karena menggunakan *mold* yang sama, sehingga volumenya sama.

10. Hubungan *mold temperature* dengan *shot volume*.

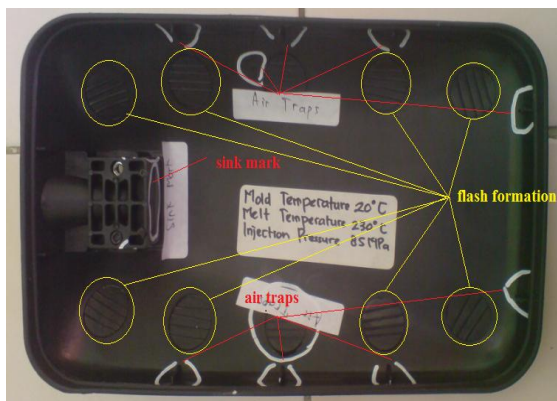


Gambar 16. Grafik *Estimated Pack and Cool* terhadap *Mold Temperature* pada Simulasi Produk Spion PS135 Menggunakan *Software AutoDesk Inventor 2013*.

Gambar 16. menunjukkan grafik *estimated cycle time* yang mengalami kenaikan sangat signifikan antara *mold temperature* 60 s/d 70 °C. Hal ini disebabkan karena *mold temperature* 20 s/d 60 °C masih mendekati suhu ruang, sehingga pendinginan oleh udara sekitar masih dapat dilakukan dengan waktu yang relatif cepat. *Mold temperature* yang bersuhu diatas suhu ruang yaitu 70 s/d 90

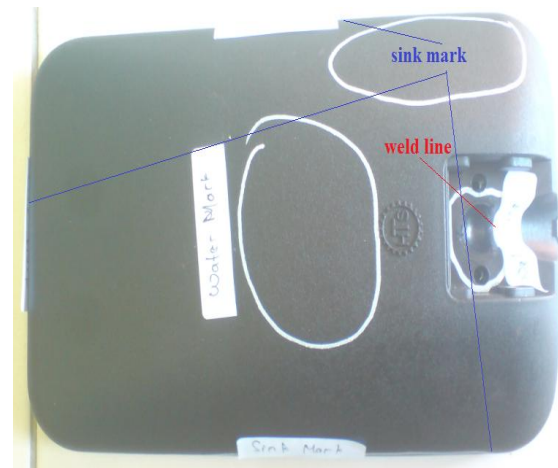
°C akan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk pendinginan dan plastisasi *melt*.

Hasil injeksi pada mesin HAITIAN HTF 160X dengan pengaturan parameter *mold temperature 20 °C, injection pressure 85 Mpa, dan melt temperature 230 °C* menghasilkan benda seperti pada gambar 17.



Gambar 17. Hasil Injeksi Spion PS 135 Pada Mesin Haitian HTF 160X dengan Pengaturan *Mold Temperature 20 °C, Injection Pressure 85 Mpa, dan Melt Temperature 230 °C* Sisi Dalam Benda.

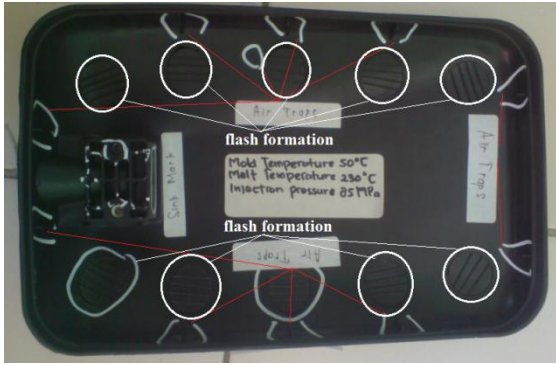
Dari gambar 17. dapat dilihat secara *visual* terdapat *sink mark* pada sisi dalam benda hasil injeksi. Cacat *flash formation* terdapat pada sebagian sisi dalam benda seperti ditandai dengan lingkaran berwarna kuning. Terdapat *air traps* pada benda yang dapat dilihat seperti ada bagian yang terbakar pada benda hasil injeksi.



Gambar 18. Hasil Injeksi Spion PS 135 Pada Mesin Haitian HTF 160X dengan Pengaturan *Mold Temperature 20 °C, Injection Pressure 85 Mpa, dan Melt Temperature 230 °C* Sisi Luar Benda.

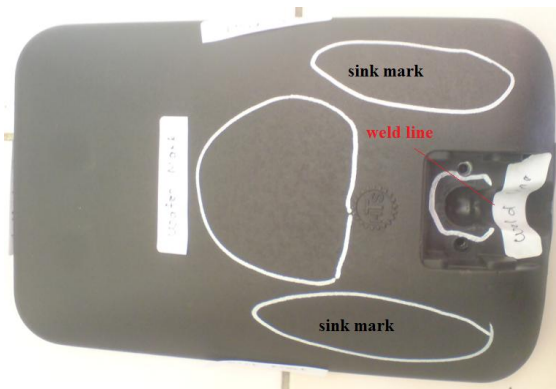
Dari gambar 18. dapat dilihat secara *visual* terdapat *sink mark* pada sisi dalam benda hasil injeksi. Cacat *flash formation* terdapat pada sebagian sisi samping benda. Cacat *water mark* pada benda yang dapat dilihat seperti ada sisa air yang terkandung pada benda. Cacat *sink mark* terdapat pada sisi samping bagian luar benda.

Hasil injeksi pada mesin HAITIAN HTF 160X dengan pengaturan parameter *mold temperature 50 °C, injection pressure 85 Mpa, dan melt temperature 230 °C* menghasilkan benda seperti pada gambar 19.



Gambar 19. Hasil Injeksi Spion PS 135 Pada Mesin Haitian HTF 160X dengan Pengaturan *Mold Temperature* 50 °C, *Injection Pressure* 85 Mpa, dan *Melt Temperature* 230 °C Sisi Dalam Benda.

Dari gambar 19. dapat dilihat secara *visual* terdapat *sink mark* pada sisi dalam benda hasil injeksi. Cacat *flash formation* terdapat pada sebagian sisi dalam benda. Terdapat air traps pada benda yang dapat dilihat seperti ada bagian yang terbakar pada benda hasil injeksi.



Gambar 20. Hasil Injeksi Spion PS 135 Pada Mesin Haitian HTF 160X dengan Pengaturan *Mold Temperature* 50 °C, *Injection Pressure* 85 Mpa, dan *Melt Temperature* 230 °C Sisi Luar Benda.

Dari gambar 20. dapat dilihat secara *visual* terdapat *sink mark* pada sisi

dalam benda hasil injeksi. Cacat *flash formation* terdapat pada sebagian sisi samping benda. Cacat *water mark* pada benda yang dapat dilihat seperti ada sisa air yang terkandung pada benda. Cacat *sink mark* terdapat pada sisi samping bagian luar benda.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. *Mold temperature* berpengaruh pada cacat sisa *flash formation* dan *weld line*.
2. Parameter yang optimal untuk proses *injection molding* menggunakan *software AutoDesk Inventor 2013* pada *mold temperature* 20 °C
3. Hasil yang optimal pada *injection molding* menggunakan mesin HAITIAN HTF 160X pada parameter *mold temperature* 20 °C.
4. Hasil simulasi menggunakan *AutoDesk Inventor 2013* sama dengan proses di mesin *injection molding* yang sesungguhnya.

DAFTAR PUSTAKA

Alexandra, S (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.

- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta
- Bociaga, Jaruga, Gnatowski (2010). "Warpage of Injection Moulded Parts as The Result of Mould Temperature Difference". *International Scientific Journal*. Vol.44 issue 1 page 28-34
- Bowie Sagitta (2009) *Cetakan Mesin Injeksi Plastik (Plastic Injection Molding mold)*. Diperoleh 11 April 2013 dari <http://bsagitta.blogspot.com/2009/06/cetakan-mesin-injeksi-plastik-plastic.html>
- 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 Technologies*. United States of America: The Mc.Graw-Hill Companies, Inc
- Hasan.(2012). *Perancangan Cetakan untuk Alat Injeksi Plastik Daur Ulang*. Skripsi Dipublikasikan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Hidayat, Nur & Shanhaji, Ahmad (2011). *Autodesk Inventor Mastering 3D Mechanical Design*. Bandung: Informatika
- Khalistyawati, Shinta (2010). *Plastik Polipropilena*. Diperoleh 9 April 2013, dari <http://www.scribd.com/doc/37170563/plastik-polipropilen>
- Riny (2003). *Desain Mold Spule 1989 untuk Injection Molding di PT. X*. Skripsi Dipublikasikan, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Sembiring, P. (2010) *Pengaruh Campuran 50% Polypropylene, 30% Polyethylene, 20% Polystyrene terhadap Variasi Temperatur pada Proses Injection Molding Tipe Teforma RN 320*. Skripsi Dipublikasikan, Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara
- Siburian, R.A.F & Simbolon, T.R. (2008). *Polimer: Ilmu Material*. Medan: USU Press
- Singh, A.K. & Singh, D.K. (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
- Soejanto, Irwan. (2009). *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- 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*
- Tjitro, Soejono & Firdaus (2003). *Studi Eksperimental Pengaruh Paramater Proses Pencetakan Bahan Plastik terhadap Cacat Penyusutan (Shrinkage) pada Benda Cetak Pneumatics Holder (Versi Elektronik)*. *Jurnal Penelitian Teknik*, Universitas Kristen Petra. Diperoleh pada 9 April 2013, dari

<http://puslit.petra.ac.id/journals/mechanical/>

Wahyudi, Firman (2008) *Perancangan Cetakan Bagasi Sepeda Motor (Honda)*

untuk Proses Injection Molding Skripsi
Dipublikasikan, Institut Teknologi
Sepuluh November, Surabaya