

ANALISIS PARAMETER OPERASI PROSES *INJECTION MOLDING* PADA MATERIAL *ACRYLONITRILE BUTADIENE* *STYRENE (ABS)*

Budi Hartono *, Mahfudz Al Huda **
Program Studi Teknik Mesin Universitas Ibnu Khaldun*,
Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Pancasila**
Email: bo3di_hartono@yahoo.co.id, huda13@yahoo.co.jp

ABSTRACT

One important aspect for the sustainability of a business generally in the manufacturing industry and more specifically on the injection molding industry is a matter of both time and cost efficiency. There is inefficiency time and costs on a medium scale enterprise engaged in injection molding process, because when starting a new product creation process parameter settings is done manually. There is a product produced by these companies who will try to be analyzed in terms of process parameters, especially during initial setup to the engine. The analysis was done with the help of software moldflow against products made is: rotary tool given the brand of fishing rod thread spool PLW150, where the material used is Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS). From the results obtained by simulation analysis of a range of operating parameters that can be used as reference. For the product obtained Spool PLW 150 operating parameter settings as follows: melting temperature of material between 240°C to 270°C, mold temperature between 70°C to 80°C, injection pressure between 8.307 MPa to 12.931 MPa, injection time between 0.64 s until 0.87 s, the force suppression (clamping force) between 3.357 tonnes to 4.866 tonnes.

Key words : injection molding, melt temperature, mold temperature, injection pressure, injection time.

PENDAHULUAN

Meningkatnya penggunaan bahan plastik (*polymer*) didunia, dan khususnya didalam negeri harus diimbangi dengan peningkatan kualitas produk yang dihasilkan oleh industri injection moulding. Salah satu aspek yang penting dari segi kualitas pada hasil cetakan *injection moulding* adalah produk yang bebas cacat. Suatu perusahaan di daerah depok, sebagai salah satu industri yang menghasilkan produk yang menggunakan mesin *injectionmolding*. Salah satu bahan plastik yang digunakan pada perusahaan tersebut adalah *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)*, bahan ini memiliki sifat tahan panas, keras, tangguh, tahan terhadap reaksi kimia dan tahan terhadap *impact*. Dalam menjalankan aktivitas produksinya, seringkali ditemukan cacat produk. Hal yang paling banyak menyita waktu dan biaya adalah pada saat penyetelan parameter proses pada mesin saat awal akan memproduksi suatu benda. Hal itu terjadi karena pada saat awal produksi khususnya produk yang baru, penyetelan parameter proses pada mesin *injection molding* dilakukan dengan cara coba-coba atau *trial and error*. Penyetelan awal ini membutuhkan waktu yang cukup lama dari beberapa jam sampai beberapa hari tergantung bentuk bendanya. Maka dari itu dilakukan suatu penelitian untuk

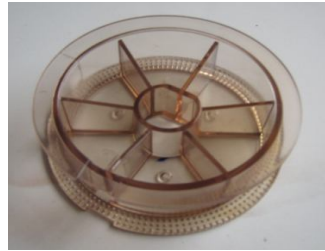
memperoleh suatu *procedure* dalam menentukan parameter proses yang cepat dan akurat dalam memproduksi suatu benda, agar diperoleh produk yang bebas cacat. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis dan memperoleh *range* parameter operasi yang optimum pada produk yang dibuat dengan menggunakan material ABS.

METODE PENELITIAN

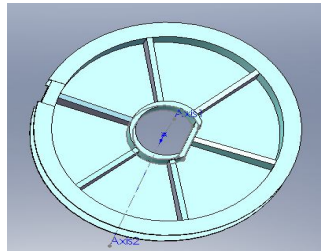
Metodologi penelitian yang akan digunakan adalah dengan mendesain model kemudian pemilihan material serta *setting* kondisi, pada waktu yang bersamaan di lakukan analisis lokasi gate, analisis lokasi injeksi dan analisis aliran material. Setelah itu dilakukan simulasi dan analisis hasil seperti : *Air Trap, Filling Time, Weld Line, Shink Mark, Shear Stress, Pressure Drop*.

Objek Penelitian

Nama produk : *SPOOL PLW / 150*
Bahan : *A B S*



(a)



Gambar 2. (a) Produk *spoll LW 150*
(b) *Desain* produk *spoll LW 150*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi Parameter Proses

Pada setiap awal untuk memproduksi suatu benda, seringkali dilakukan uji coba untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Pelaksanaan uji coba tersebut bisa berlangsung dari beberapa jam sampai beberapa hari kerja, tergantung bentuk geometri benda yang akan dibuat. Hal ini disebabkan karena ada lebih dari satu parameter proses yang harus *disetting*.

Ada beberapa parameter proses yang harus *disetting* sebelum pembuatan suatu produk pada mesin *injection molding*. Parameter proses dibagi menjadi dua yaitu :

1. Parameter yang sudah diketahui dalam hal ini adalah temperatur leleh dan temperature cetakan, yang diperoleh dari datasifat material. Dari data sifat properti material diketahui bahwa :
 - a) Temperatur leleh material *ABS* adalah : $200^{\circ}\text{C} - 270^{\circ}\text{C}$
 - b) Temperatur cetakan untuk material *ABS* adalah : $40^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$
2. Parameter yang akan dicari, yaitu :
 - a. Tekanan injeksi (*Injection pressure*)
 - b. Waktu injeksi
 - c. Gaya pengecaman (*Clamping force*)

Untuk itu akan dilakukan uji simulasi semua contoh produk untuk mengetahui range atau kisaran nilai – nilai parameter proses tersebut. Skenario yang akan dilakukan pada pengujian adalah sebagai berikut :

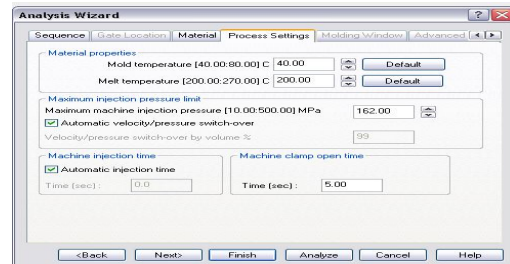
Tabel 1. Skenario pengujian produk

Percobaan	Temperatur leleh	Temperatur cetakan
I	200°C (temp. minimal)	40°C (temp. minimal)
II	240°C	70°C
III	270°C (temp. maksimal)	80°C (temp. maksimal)

Pada skenario percobaan ini digunakan data temperatur dari sifat material itu sendiri yang merupakan suatu rekomendasi untuk proses *injection molding* jika kita menggunakan bahan *ABS*.

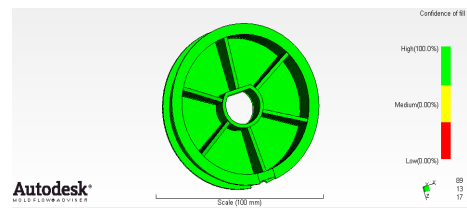
Data Simulasi Percobaan I

Dari hasil simulasi diperoleh data-data dalam bentuk gambar yang ditunjukkan sebagai berikut:



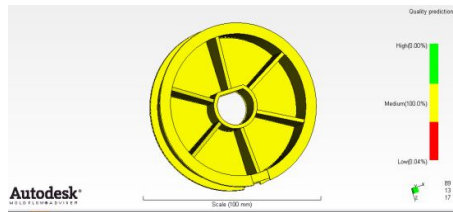
Gambar 3. Data parameter percobaan I produk

Gambar (3) menunjukkan data parameter proses yang dientry kedalam *software*.



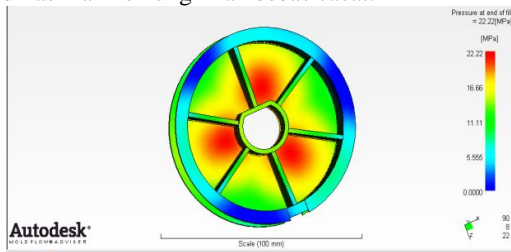
Gambar 4. Profil *confidence fill* percobaan I

Pada gambar (4) menunjukkan tingkat kepercayaan pengisian plastik cair pada produk, angka 100% pada warna hijau menandakan bahwa rongga cetakan produk mudah diisi oleh plastic cair.



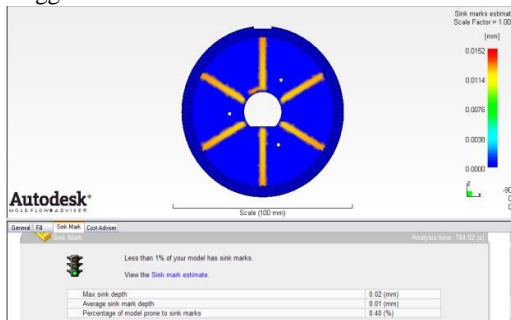
Gambar 5. Profil *quality prediction* percobaan I

Gambar (5) menunjukkan prediksi kualitas produk, warna kuning yang dominan menandakan bahwa produk pada kondisi operasi ini ada kemungkinan mengalami cacat sehingga tidak dapat diterima. Yang dapat diterima adalah kondisi dimana warna hijau menunjukkan angka 100%, yang berarti bahwa produk yang dihasilkan kemungkinan bebas cacat.



Gambar 6. Profil *presure at end of fill* percobaan I

Pada gambar (6) menunjukkan tekanan aktual pengisian, warna biru menunjukkan tekanan terendah (0 MPa) dan warna merah menunjukkan tekanan tertinggi (22 MPa) yang terjadi pada rongga cetakan.



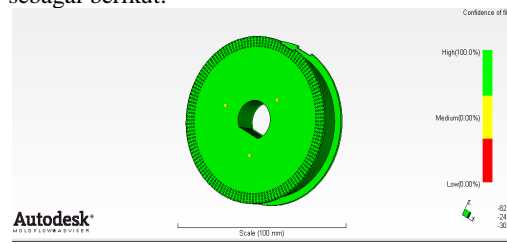
Gambar 7. Profil *Sink Mark* Percobaan I

Data dari gambar (7) menunjukkan estimasi cacat *sink mark* yang mungkin terjadi pada produk tersebut. Data yang diperoleh antara lain:

- Kedalaman *sink* maximum = 0.02 mm
- Kedalaman *sink mark* rata-rata = 0.01 mm
- Nilai prosentase kecenderungan *sink mark* = 0,40%

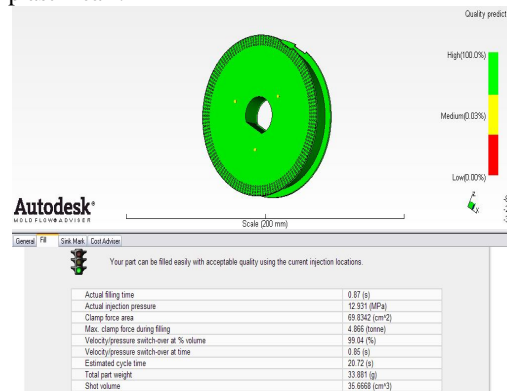
Data Simulasi Percobaan II

Dari hasil simulasi diperoleh data-data sebagai berikut:



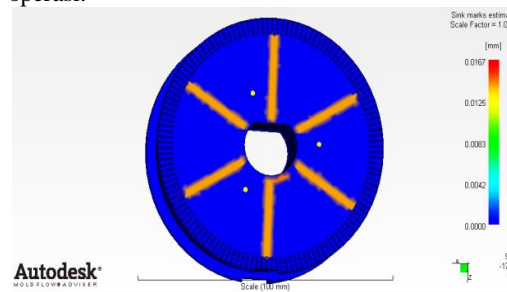
Gambar 8. Profil *confidence fill* percobaan II

Pada gambar (8) menunjukkan tingkat kepercayaan pengisian plastik cair pada produk, angka 100% pada warna hijau menandakan bahwa rongga cetakan produk mudah diisi oleh plastik cair.



Gambar 9. Profil *quality prediction* percobaan II

Gambar (9) menunjukkan prediksi kualitas produk dimana warna hijau menunjukkan angka 100%, yang berarti bahwa produk yang dihasilkan kemungkinan bebas cacat. Sehingga data pada percobaan ini bisa dijadikan referensi parameter operasi.



Gambar 10. Profil *sink mark* percobaan II

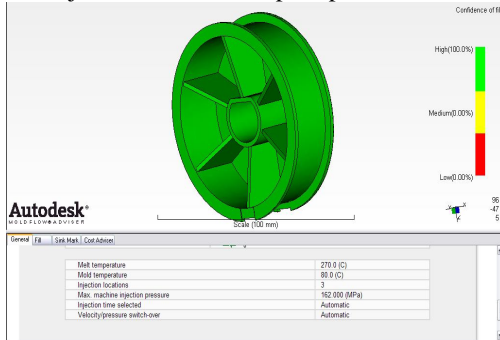
Data dari gambar (10) menunjukkan estimasi cacat *sink mark* yang mungkin terjadi

pada produk tersebut. Data yang diperoleh antara lain :

- a) Kedalaman *sink* maximum =0.02 mm
- b) Kedalaman *sink mark* rata-rata=0.01 mm
- c) Nilai prosentase kecenderungan *sink mark* = 0,40%

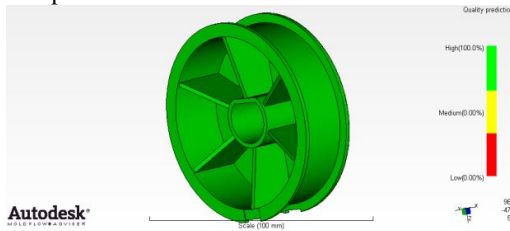
Data Simulasi Percobaan III

Berikut ini adalah gambar-gambar yang menunjukkan hasil simulasi pada percobaan III



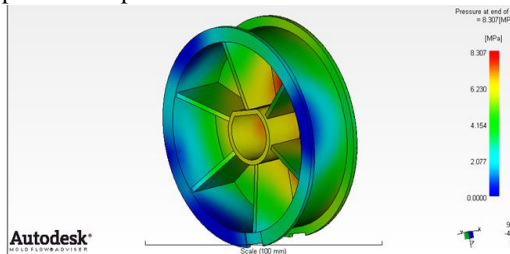
Gambar 11. Profil *confidence fill* percobaan III

Gambar (11) diatas menunjukkan tingkat kepercayaan pengisian plastic cair pada produk, angka 100% pada warna hijau menandakan bahwa rongga cetakan produk akan mudah diisi oleh plastic cair.



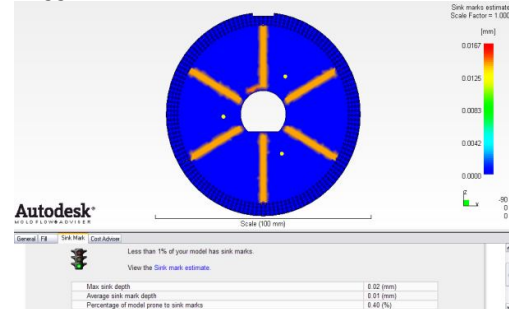
Gambar 12. Profil *quality prediction* percobaan III

Pada gambar (12) menunjukkan prediksi kualitas produk dimana warna hijau menunjukan angka 100%, yang berarti bahwa produk yang dihasilkan kemungkinan bebas cacat. Sehingga data pada percobaan ini bisa dijadikan referensi parameter operasi.



Gambar 13. Profil *Presusre at end of Fill* Percobaan III

Gambar (13) menunjukkan tekanan actual pengisian, warna biru menunjukkan tekanan terendah (0 MPa) dan warna merah menunjukkan tekanan tertinggi (8,307 MPa) yang terjadi pada rongga cetakan.



Gambar 14. Profil *Sink Mark* Percobaan III

Data dari gambar (14) menunjukkan estimasi cacat *sink mark* yang mungkin terjadi pada produk tersebut. Data yang diperoleh antara lain :

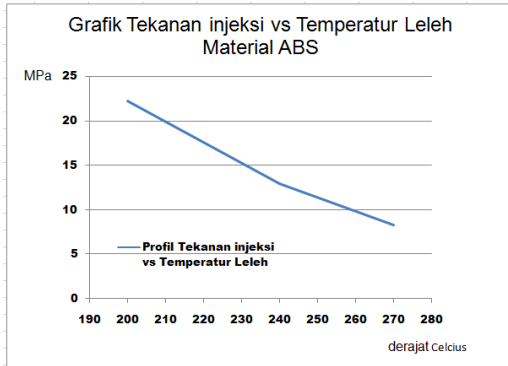
- a) Kedalaman *sink* maximum =0.02 mm
- b) Kedalaman *sink mark* rata-rata=0.01 mm
- c) Nilai prosentase kecenderungan *sink marks* = 0,40%

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, maka diperoleh data-data parameter operasi sebagai berikut:

Tabel 2. Data Parameter Operasi hasil Simulasi

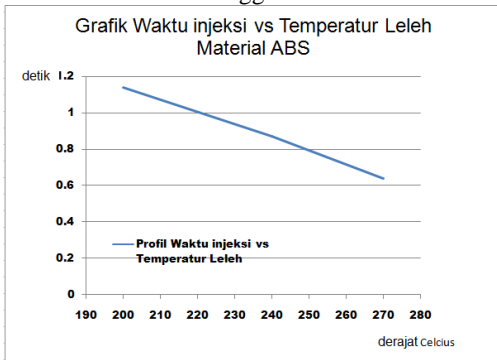
Parameter operasi yg dicari	Percobaan			Satuan
	I	II	III	
Waktu injeksi	1,14	0,87	0,64	s
Tekanan injeksi	22,219	12,931	8,307	MPa
Clamping Force	7,693	4,866	3,357	ton
Berat benda	34,818	33,811	33,522	gram
Cycle time	15,23	20,72	27,52	s
Kedalamansi nk mark (max)	0,02	0,02	0,02	mm
Rata-rata kedalaman sink mark	0,01	0,01	0,01	mm
Prosentase kecenderungan an sink mark	0,40	0,40	0,40	%

Dari data-data tersebut, kemudian dibuat grafik *trend* hubungan antara parameter proses yang dicari terhadap temperatur leleh.



Gambar 15. Grafik Tekanan Injeksi vs Temperatur leleh

Pada gambar (15) di atas menunjukkan hubungan antara temperature leleh dan tekanan injeksi, dapat disimpulkan makin tinggi temperature leleh material makin rendah tekanan injeksi. Hal ini dikarenakan semakin tinggi temperatur leleh, maka semakin rendah nilai viskositas palstik cair sehingga semakin rendah pula gaya yang diperlukan untuk menekan palstik cair masuk kedalam rongga cetakan.

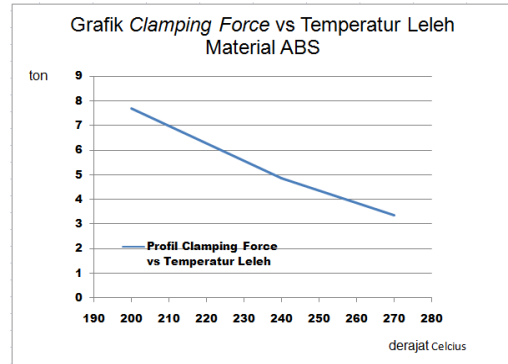


Gambar 16. Grafik Waktu Injeksi vs Temperatur leleh

Gambar (16) menunjukkan hubungan antara temperatur leleh dan waktu injeksi, dapat disimpulkan semakin tinggi temperatur leleh maka waktu yang dibutuhkan semakin kecil pula. Hal ini dikarenakan kecepatan aliran plastik cair semakin meningkat dengan meningkatnya temperatur leleh, sehingga rongga cetakan lebih cepat terisi penuh.

Pada gambar (17) menunjukkan hubungan antara temperatur leleh dan *clamping force*, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur leleh maka *clamping force* semakin rendah. Hal ini karena pada temperatur leleh yang tinggi,

tekanan injeksi yang dibutuhkan semakin kecil sehingga *gaya clamping* untuk menahan tekanan plastik cair didalam rongga cetakan juga semakin kecil



Gambar 17. Grafik *Clamping Force* vs Temperatur leleh

Berdasarkan data simulasi, secara umum dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi temperatur *melt* dan temperatur *mold* maka, tekanan injeksi, waktu injeksi dan *clamping force* akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena pada temperatur yang tinggi, viscositas plastik menjadi rendah sehingga plastik mudah mengisi rongga cetakan.

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan skenario percobaan I, II, dan II diketahui bahwa *range* tekanan injeksi antara 22,219 sampai 8,307 MPa, begitu juga waktu injeksi antara 1,14 sampai 0,64 detik dan *clamping force* antara 7,693 sampai 3,357 ton tergantung pada temperatur *melt* dan *mold*. Tetapi dari skenario percobaan I, pada hasil simulasi *quality prediction* menunjukkan adanya indikasi bahwa produk yang dihasilkan pada skenario pertama ini akan mengalami cacat (ditunjukkan oleh warna kuning 100% pada hasil simulasi) walaupun tingkat kepercayaan pengisian menunjukkan angka 100%. Sehingga data pada percobaan ini tidak bisa dijadikan sebagai referensi parameter proses, karena didalam mengambil kesimpulan penulis berpatokan pada dua hal yaitu parameter *coenfidence fill* dan *quality prediction* yang harus menunjukkan tingkat 100% pada warna hijau dari hasil simulasi.

Oleh karena itu kisaran temperatur *melt* bahan, temperatur *mold*, tekanan, waktu injeksi dan *clamping force* yang disarankan pada produk ini berdasarkan hasil simulasi adalah sebagai berikut :

- a. Temperatur leleh : 240⁰C sampai 270⁰C
- b. Temperatur cetakan: 70⁰ C sampai 80⁰C
- c. Tekanan injeksi: 12,931 MPa sampai 8,307 MPa

- d. Waktu injeksi: 0,87 s sampai 0,64 s
- e. *Clamping force*: 4,866 ton sampai 3,357 ton

KESIMPULAN

Dari hasil analisis simulasi dapat disimpulkan untuk parameter proses yang disarankan untuk produk *Spool PLW 150* yang menggunakan bahan *ABS* adalah:

- a. Temperatur leleh : 240⁰C sampai 270⁰C
- b. Temperatur cetakan: 70⁰ C sampai 80⁰C
- c. Tekanan injeksi: 8,307 MPa sampai 12,931 MPa
- d. Waktu injeksi : 0,64 s sampai 0,87 s
- e. *Clamping force*: 3,357 ton sampai 4,866 ton

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Donald, V. Rosato. "Injection Molding Handbook 3rd Edition", Kluwer Academic Publisher, Massachusetts, 2000.
- [2] Askeland, D., and Phule, P. The "Science & Engineering of Materials", International Student Edition, Thomson, 2006.
- [3] Ahuru R., Keefe M. "Simulation of Injection Molding into Rapid-prototyped molds", Rapid Prototyping Journal, Vol.7 No.1, pp.42-51, 2001.
- [4] Collins, Christopher. "Monitoring Cavity Pressure Perfect Injection Molding".
- [5] Assembly Automation, Vol.19, No.3, pp.197-202, 1999.
- [6] Groover, M. "Fundamentals of Modern Manufacturing : material, processes, and system", 3rd Edition, John Wiley & Sons, 2007.
- [7] Foguth, R.C., Motwani. "Method of including material variation in capability study" , The TQM Magazine, Vol.10 No.2, pp. 104-108, 1998.
- [8] Tata Surdia & Shinroku Saito, " Pengetahuan Bahan Teknik", PT. Pradnya Paramita, Jakarta:1992