

OPTIMASI DESAIN MOLD UNTUK MEREDUKSI CACAT FLASH DAN SHRINKAGE PADA PRODUK PAKU KOTAK DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE SIMULASI MOLDFLOW

(STUDI KASUS PADA PT. PRIMA SAKTI)

Erfina Ayu W.¹, Hari Arbiantara², Dedi Dwilaksana²

¹ Alumni Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

Email: hariarbi@yahoo.com

ABSTRACT

Use of plastic is rapidly increasing, but in injection molding products common product defects, such cracks, shrinkage, unperfect shape, overtopping plastic material, dimensions of product outside specified tolerance and forth are caused by several factors. The most important factors are mold design. PT. Prima Sakti is injection molding company that produced products rectangle nail that has defects, especially flash and shrinkage, which would harm company. In this study, the authors make analysis to reduce defects in trectangle nail by polypropylene using moldflow simulation software, by varying placement of gate and diameter of cooling in mold. The aims are obtaining parameter settings of cylinder temperature, injection pressure, efficient and optimum cooling for rectangle nail, and also obtaining mold that produce smallest percentage of defect. The test is conducted by varying temperature cylinder 230°C, 240°C, 241,1°C, and 250°C, and varying injection pressure of 60 MPa, 69.134 MPa, 98.56 MPa and 128 MPa, which aims to determine ratio of shrinkage and fill time. Result that obtained in this study that for rectangle nail product, the best output obtained in design 2 simulation with cylinder temperature 230°C, injection pressure 60 Mpa and 98,56 Mpa, that obtain shrinkage ratio 15,68% with fill time 0,38 second.

Keywords: polypropylene, injection molding, flash, shrinkage, fill time, cylinder temperature, injection pressure

PENDAHULUAN

Penggunaan material plastik yang semakin pesat, berdampak pada berkembangnya industri *injection molding* yang tentunya menuntut usaha untuk mengurangi waktu dan biaya produksi. Industri yang menggunakan bahan plastik sangat erat hubungannya dengan perkembangan teknologi khususnya pada mesin-mesin yang digunakan untuk memproses bahan plastik tersebut. Proses yang umum digunakan dalam memproduksi produk berbahan baku plastik adalah *blow molding*, *injection molding*, dan ekstrusi.

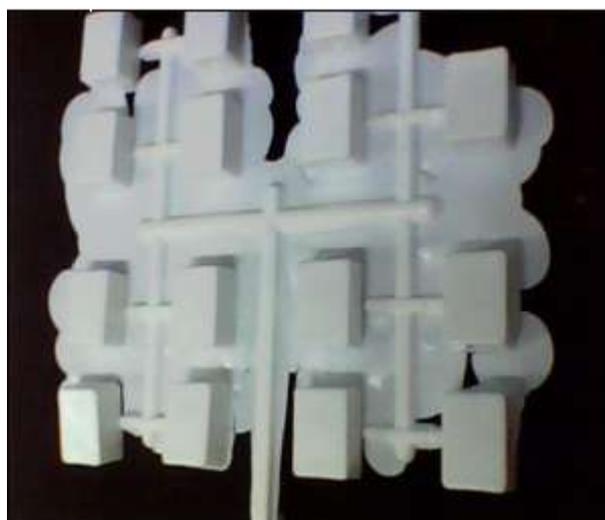
Plastik adalah suatu polimer yang mempunyai sifat-sifat unik dan luar biasa. Polimer adalah suatu bahan yang terdiri dari unit molekul yang disebut monomer. Jika monomernya sejenis disebut homopolimer, dan jika monomernya berbeda akan menghasilkan kopolimer. [1].

Pada dasarnya plastik secara umum digolongkan ke dalam 3 (tiga) macam, yakni *thermoplastik*, *thermoseting*, dan karet/*elastomer* [2]. Bahan *thermoplastik* mempunyai titik leleh sendiri-sendiri karena setiap bahan plastik mempunyai karakteristik yang berbeda-beda [3].

Pada penelitian mengenai minimalisasi cacat dengan pengaturan tekanan terhadap kualitas produk

injection molding dengan, mensimulasikan proses *injection molding* pada produk *chasing handphone* yang menggunakan material ABS pada temperatur 300°C menghasilkan hasil produk yang lebih baik dibandingkan dengan temperatur 265°C. [4].

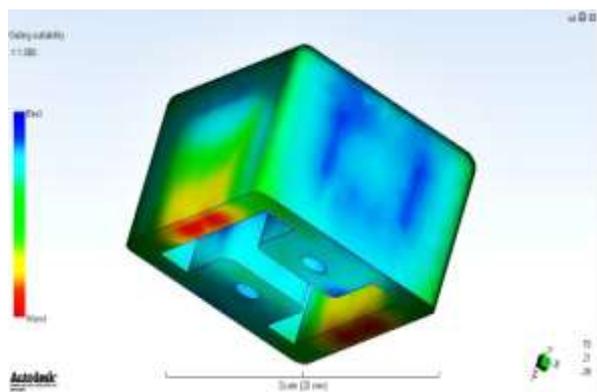
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penempatan *gate* dan diameter pendingin pada *mold* terhadap rasio *shrinkage* dan *fill time* dengan memvariasikan *cylinder temperature* 230°C, 240°C, 241,1°C, dan 250°C, dan variasi *injection pressure* 60 Mpa, 69,134 Mpa, 98,56 Mpa, dan 128 Mpa, dengan mengujinya pada 2 desain *mold*, yaitu desain 1 dan desain 2, guna menghasilkan *mold* dengan rasio cacat terkecil. Terutama cacat *shrinkage* yang terjadi pada produk paku kotak. *Shrinkage* merupakan cekungan atau lengkungan yang terjadi pada permukaan luar pada komponen yang dibentuk [5].



Gambar 1. Produk paku kotak yang diproduksi PT. Prima Sakti

METODOLOGI PENELITIAN

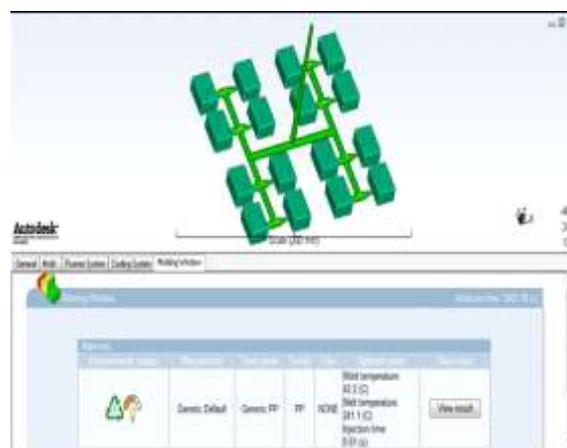
Penelitian yang dilakukan adalah mendesain 2 macam *mold* yang akan disimulasikan menggunakan *moldflow* dengan perbedaan di penempatan *gate* dan diameter pendingin, dimana desain 1 memiliki penempatan *gate* disisi samping atas produk dengan diameter saluran pendingin 8 mm, dan jarak saluran pendingin dengan *parting line* 23 mm. Pada desain 2, penempatan *gate* disisi samping kanan produk dengan diameter saluran pendingin 10 mm, dan jarak saluran pendingin dengan *parting line* 18 mm. Desain 1 adalah desain *mold* yang digunakan PT. Prima Sakti untuk memproduksi produk paku kotak, sedangkan desain 2 adalah desain *mold* yang dirancang penulis sendiri untuk mendapatkan hasil produksi yang lebih baik dengan persentase cacat yang kecil. Perbedaan penempatan *gate* pada desain 2 ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Penempatan *gate* pada desain 2

Proses pendesainan *mold* melalui proses perhitungan manual terlebih dahulu untuk menentukan jumlah *cavity*, bentuk *runner*, *sprue*, dan *gate* yang sesuai untuk produk paku kotak, dengan berdasar pada perhitungan yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya [6]. Kemudian, desain diuji dengan *software moldflow* untuk mengetahui hasil rasio *shrinkage* dan *fill time*. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan *cylinder temperature* 230°C, 240°C,

241,1°C, dan 250°C, dan variasi *injection pressure* 60 Mpa, 69,134 Mpa, 98,56 Mpa, dan 128 Mpa. Pemilihan nilai variasi *cylinder temperature* dan *injection pressure*, berdasar pada 4 parameter, yaitu PS 12, Manual, *Advice*, dan Manual. PS 12 adalah parameter yang digunakan PT. Prima Sakti pada saat memproduksi produk paku kotak. Manual adalah parameter yang dihasilkan dari perhitungan manual. *Advice* adalah parameter yang disarankan oleh *software moldflow*. Variasi adalah parameter yang dipilih dengan mengacu pada hasil simulasi yang dilakukan dengan parameter PS 12, manual, dan *advice*. Untuk *advice*, desain *mold* dianalisis dengan menggunakan fungsi *molding window analysis* pada *software moldflow*, untuk mengetahui *cylinder temperature* dan *injection pressure* yang terbaik dari setiap desain *mold*. Proses *molding window analysis* pada desain 1 dan desain 2 ditunjukkan pada gambar 3 dan gambar 4.



Gambar 3. *Molding window analysis* pada desain 1



Gambar 4. *Molding window analysis* pada desain 2

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah didapat *cylinder temperature* dan *injection pressure*, desain *mold* siap dianalisis simulasi yang hasilnya akan ditampilkan dalam tabel yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Tabel hasil pengujian desain 1

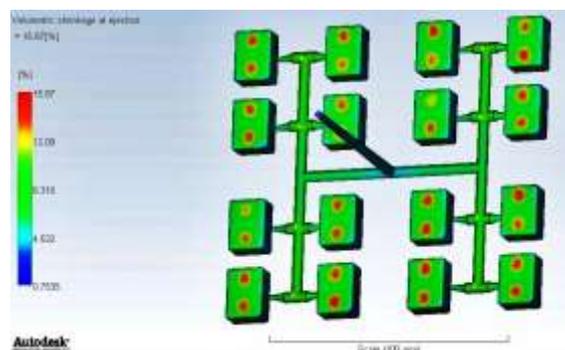
Cylinder Temperature (°C)	Injection Pressure (Mpa)	Fill time (s)	Shrink ratio (%)
250	60	0,51	16,82
	69,14	0,51	16,82
	98,56	0,51	16,82
	128	0,51	16,82
240	60	0,51	16,44
	69,14	0,51	16,44
	98,56	0,51	16,33
	128	0,51	16,44
241,1	60	0,51	16,48
	69,14	0,51	16,48
	98,56	0,51	16,44
	128	0,51	16,44
230	60	0,51	15,87
	69,14	0,51	15,92
	98,56	0,51	15,87
	128	0,51	15,92

Tabel 2. Tabel hasil pengujian desain 2

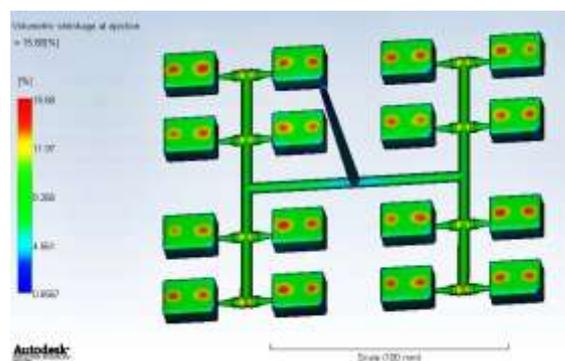
Cylinder Temperature (°C)	Injection Pressure (Mpa)	Fill time (s)	Shrink ratio (%)
250	60	0,39	16,56
	69,14	0,39	16,56
	98,56	0,39	16,56
	128	0,39	16,56
240	60	0,38	16,08
	69,14	0,38	16,08
	98,56	0,38	16,08
	128	0,38	16,09
241,1	60	0,39	16,14
	69,14	0,39	16,14
	98,56	0,39	16,14
	128	0,39	16,2
230	60	0,5	15,68
	69,14	0,5	15,76
	98,56	0,5	15,68
	128	0,5	15,76

Hasil Analisis Shrink Ratio

Dari hasil simulasi, pada desain 1, produk dengan nilai rasio *shrinkage* terendah yaitu 15,87% dihasilkan dengan parameter *cylinder temperature* 230°C dengan tekanan injeksi sebesar 60 Mpa dan 98,56 Mpa. Sedangkan pada desain 2, produk dengan nilai rasio *shrinkage* terendah yaitu 15,68% dihasilkan dengan parameter *cylinder temperature* 230°C dengan tekanan injeksi sebesar 60 Mpa dan 98,56 Mpa.

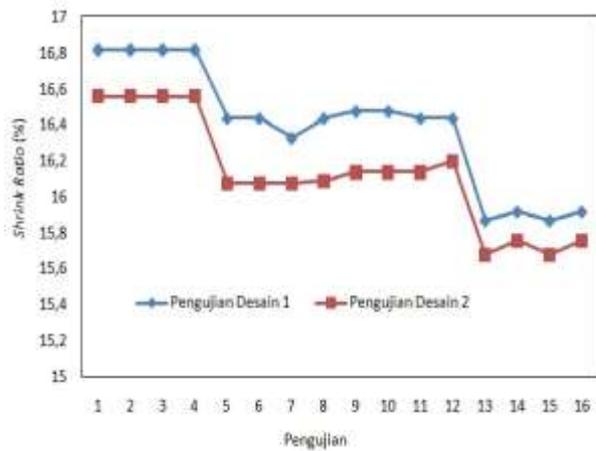


Gambar 5. Analisis *shrink ratio* pada desain 1



Gambar 6. Analisis *shrink ratio* pada desain 2

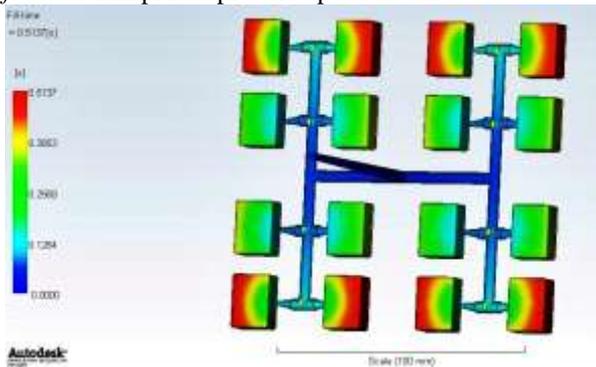
Mengacu pada hal tersebut maka dapat disimpulkan bahwa *cylinder temperature* berpengaruh terhadap cacat *shrinkage* yang dihasilkan pada produk. *Cylinder temperature* yang tinggi akan menghasilkan rasio *shrinkage* yang besar, sebaliknya, *cylinder temperature* yang rendah akan menghasilkan rasio *shrinkage* yang kecil. Hal ini dikarenakan, material plastik yang dilelehkan dengan temperatur tinggi mempunyai kerapatan antar molekul dan massa yang lebih rendah daripada material yang dilelehkan dengan temperatur rendah, sehingga ketika membeku, material dengan temperatur tinggi memiliki tingkat penyusutan lebih besar daripada material dengan temperatur lebih rendah. Selain itu perbedaan letak dan diameter saluran pendingin, juga berpengaruh terhadap laju pembekuan dari material plastik leleh. Semakin dekat jarak antara lubang saluran pendingin dengan *cavity*, akan mengoptimalkan distribusi suhu pada *cavity*, sehingga laju pembekuan berlangsung secara merata dan meminimalkan timbulnya cacat *shrinkage*.



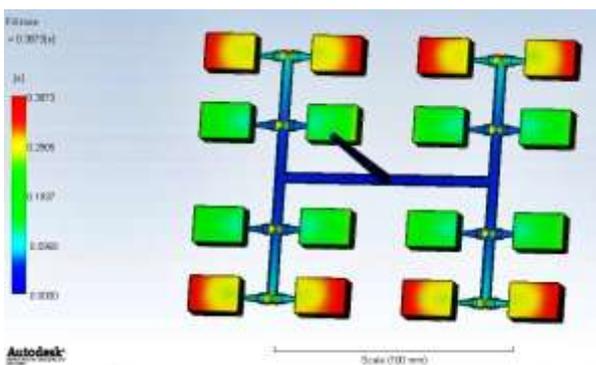
Gambar 7. Grafik shrink ratio

Hasil Analisis Fill Time

Dari hasil simulasi diketahui bahwa desain 2 menghasilkan produk dengan fill time yang rendah, berkisar antara 0,38 detik. Sedangkan dari hasil analisis pada simulasi desain 1, menghasilkan produk dengan rata-rata fill time sebesar 0,52 detik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa desain 2 lebih baik daripada desain 1, karena memiliki keunggulan untuk meminimalkan fill time dari proses produksi paku kotak.



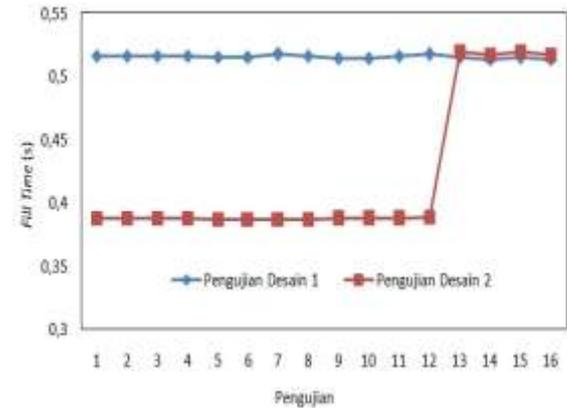
Gambar 8. Analisis Fill time pada desain 1



Gambar 9. Analisis Fill time pada desain 2

Proses pengisian ke seluruh rongga mold terjadi secara bertahap yang ditunjukkan dengan perbedaan warna. Distribusi material plastik leleh terjadi secara merata disetiap sisi, hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya indikasi overpacking dari hasil simulasi. Hasil simulasi pada desain 1 dan desain 2 menunjukkan pengisian rongga cavity berlangsung secara bertahap yang dapat dilihat pada perbedaan warna pada rongga cavity. Pendistribusian material pada desain 2 juga tidak

mengindikasikan adanya overpacking, yaitu bagian yang sudah terisi dan terkompresi lebih sementara ada bagian lain yang masih mengalir.



Gambar 10. Grafik fill time

Dari hasil simulasi pada desain 1, menunjukkan fill time tercepat 0,5137 detik, sedangkan pada desain 2 menunjukkan fill time tercepat 0,3873 detik. Perbedaan waktu yang terjadi menunjukkan bahwa pada desain 1, penentuan lokasi gating system kurang tepat sehingga menyebabkan fill time yang lebih lama dibandingkan pada desain 2. Hal ini tentunya berpengaruh terhadap cycle time yang tentunya akan menyebabkan efisiensi waktu yang dibutuhkan untuk proses produksi menjadi kurang atau lebih lama. Sehingga dapat disimpulkan bahwa desain 2 lebih baik daripada desain 1, karena memiliki keunggulan untuk meminimalkan fill time dari proses produksi paku kotak. Hal ini dikarenakan letak gate pada desain 2 lebih efisien daripada letak gate pada desain 1, sehingga pendistribusian material lebih cepat dan merata keseluruhan rongga cavity.

Hasil Analisis Flash

Hasil produksi paku kotak di PT. Prima Sakti mempunyai cacat flash yang tampak jelas hampir disetiap produk, namun pada saat dilakukan simulasi dengan mengacu pada parameter yang digunakan selama proses produksi, terdapat perbedaan yang jelas. Hasil simulasi mengindikasikan tidak terjadinya cacat flash, hal ini dikarenakan software Moldflow juga menganalisis clamping force yang paling optimal, namun berat total produk antara hasil produksi dan hasil simulasi berbeda jelas. Perbedaan antara produk hasil simulasi dan hasil produksi ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbedaan antara produk hasil simulasi dan hasil produksi

Hasil	Produksi	Simulasi
Berat total (g)	36	33.89
Rasio shrinkage (%)	4,3	16.86
Clamp Force (ton)	1	3,8
Flash (g)	12,8	0

Desain produk yang memiliki ketebalan ekstrem pada sisi dalam mengindikasikan terjadinya cacat *shrinkage* pada area yang memiliki ketebalan ekstrem tersebut. Hal ini dikarenakan pembekuan material cair yang tidak seragam. Pada hasil simulasi *clamping force* optimum 3,8 ton namun menghasilkan rasio *shrinkage* sebesar 16,86%, namun tidak menghasilkan cacat *flash*. Pada hasil produksi *clamping force* yang digunakan sebesar 1 ton, namun memiliki rasio *shrinkage* yang lebih kecil yaitu 4,3%, dengan berat cacat *flash* sebesar 12,8 gram. Dengan demikian, produk paku kotak dengan desain perbedaan ketebalan yang ekstrem memang berpotensi menghasilkan produk dengan rasio *shrinkage* yang tinggi. Hal ini bisa diatasi dengan mendesain ulang produk agar tidak memiliki perbedaan ketebalan yang ekstrem. Namun pada hal ini, PT. Prima Sakti selaku produsen, mengatasinya dengan memperkecil *clamping force*. Tujuannya agar sisi produk dengan ketebalan yang ekstrem dapat mengurangi rasio *shrinkage* dengan mengambil asupan material cair yang sengaja dibuat *flash* tersebut.

KESIMPULAN

Dari hasil simulasi, pada desain 1, produk dengan nilai rasio *shrinkage* terendah yaitu 15,87% dihasilkan dengan parameter *cylinder temperature* 230°C dengan tekanan injeksi sebesar 60 Mpa dan 98,56 Mpa. Sedangkan pada desain 2, produk dengan nilai rasio *shrinkage* terendah yaitu 15,68% dihasilkan dengan parameter *cylinder temperature* 230°C dengan tekanan injeksi sebesar 60 Mpa dan 98,56 Mpa. Untuk *fill time*, desain 2 menghasilkan produk dengan *fill time* yang rendah, berkisar antara 0,38 detik. Sedangkan dari hasil analisis pada simulasi desain 1, menghasilkan produk dengan rata-rata *fill time* sebesar 0,52 detik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa desain 2 lebih baik daripada desain 1, karena memiliki keunggulan untuk meminimalkan *fill time* dari proses produksi paku kotak.

SARAN

Saran yang dapat penulis sampaikan pada penelitian selanjutnya agar dalam mendesain cetakan produk plastik, sebaiknya dilakukan simulasi terlebih dahulu, dengan tujuan meminimalisir timbulnya cacat. Sehingga proses produksi lebih optimal dan tidak memakan waktu yang lebih lama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mujiarto, I. 2005. *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif*. Traksi Vol. 3 No. 2. Semarang: AMNI.
- [2] Stevens, Malcolm P. 2001. *Kimia Polimer*. Jakarta : Pradnya Paramita.
- [3] Hermawan, Yuni dan Astika, Made. 2009. *Optimasi Waktu Siklus Pembuatan Kemasan Produk Chamomile 120 Ml pada Proses Blow molding*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram Vol. 3 No. 1. Teknik Mesin. Universitas Udayana.
- [4] Sugondo, A. 2007. *Minimalisasi Cacat dengan Pengaturan Tekanan Terhadap Kualitas Produk pada Proses Injection molding dengan Menggunakan Simulasi*. TEKNO SIM 2007. Yogyakarta: UGM.
- [5] Anggono, Dwi A. 2005. *Prediksi Shrinkage untuk Menghindari Cacat Produk pada Plastic Injection*. MEDIA MESIN Vol. 6 No. 2. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [6] Alexrh2010's Blog, 2011. *DASAR KALKULASI DESIGN PRODUK PLASTIK DAN MOLDING*. <http://alexrh2010.wordpress.com/2011/04/24/1-dasar-kalkulasi-design-produk-plastik-dan-molding-bagian-1/> [15 September 2014]