

Optimisasi Ketebalan Dinding Model Atap Menara Siger Pada Proses *Injection Molding*

Yanuar Burhanuddin, Suryadiwansa Harun, Lapri Aries Pukesa
Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung, Bandar Lampung 35145
Email: yanuar.burhanuddin@eng.unila.ac.id

Abstrak

Produk berbahan baku plastik semakin banyak dijumpai, mulai dari peralatan rumah, komponen elektronik hingga otomotif. Hal ini dikarenakan beberapa kelebihan yang dimiliki oleh plastik seperti ringan dan tahan karat, lebih murah dibandingkan dengan produk logam atau kayu serta proses pengerjaannya relatif mudah. Proses pembentukan produk plastik yang paling umum digunakan adalah *injection molding*. Penggunaan plastik yang semakin mendominasi penggunaan material menuntut suatu usaha untuk mengurangi waktu dan biaya produksi, salah satu caranya yaitu dengan memanfaatkan program simulasi sebelum dilaksanakan di lantai produksi. Dengan simulasi pemoderan dapat diketahui ketebalan optimal suatu produk, sehingga produk yang dihasilkan memiliki ketebalan seminimal mungkin dengan kualitas yang dapat diterima. Penelitian ini akan mensimulasikan variasi ketebalan dinding terhadap waktu pengisian, suhu aliran depan, waktu pendinginan, cacat garis dan udara terperangkap. Variasi ketebalan yang dipilih yaitu 1 mm, 1,5 mm, 2 mm, 2,5 mm, 3 mm, 3,5 mm dan 4 mm. Dari hasil simulasi didapatkan kesimpulan bahwa ketebalan optimal model adalah sebesar 2 mm, dimana pada ketebalan ini memiliki waktu pengisian 2,753 detik, suhu aliran depan 230,3°C, dan waktu pendinginan 25,8 detik. Cetakan (*mold*) mulai dapat terisi cairan plastik secara penuh mulai pada ketebalan 2 mm. Semua variasi ketebalan mengalami cacat produk yang semakin meningkat seiring dengan bertambah ketebalan model.

Kata kunci: *Plastic Injection molding*, ketebalan dinding, waktu pengisian, suhu aliran depan, waktu pendinginan, cacat garis, udara terperangkap

PENDAHULUAN

Plastic Injection molding merupakan proses pembentukan yang umum digunakan untuk menghasilkan produk plastik secara massal dengan toleransi dimensi yang baik dengan produktivitas dan ketelitian tinggi tetapi dengan biaya yang relatif rendah. Pada proses *injection molding*, bahan baku plastik yang telah dicairkan oleh *heater* ditekan oleh *injector* mengalir masuk menuju sebuah cetakan (*mold*). Kemudian didinginkan beberapa saat agar plastik yang ada di cetakan membeku. Setelah plastik membeku dan keras, plastik tersebut dikeluarkan dari *mold*, sehingga diperoleh produk plastik sesuai dengan dimensi geometri yang diinginkan [1]

Untuk dapat menghasilkan produk dengan harga murah dan berkualitas, industri plastik dituntut untuk selalu berinovasi. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mendapatkan harga murah yaitu dengan membuat produk dengan ketebalan seminimal mungkin yang masih dapat dibuat dengan kualitas yang masih dapat diterima. Upaya tersebut juga diiringi dengan mempertimbangkan kemudahan plastik untuk dibentuk pada mesin *injection molding*.

Ketebalan dinding selalu diupayakan seoptimal mungkin. Dari beberapa literatur dikatakan bahwa ketebalan dinding dapat berkisar antara 0,5 mm – 4 mm. Ketebalan yang dibuat tergantung pada desain produk, ukuran produk dan syarat fungsionalnya [2].

Dalam proses *injection molding* terdapat fenomena *short-shot area* (bagian pada *cavity* yang tidak terisi *melt*) yang dapat menimbulkan cacat produk yang diakibatkan oleh tekanan injeksi yang kurang. sehingga perlu dilakukan penelitian variasi dinding yang optimal.

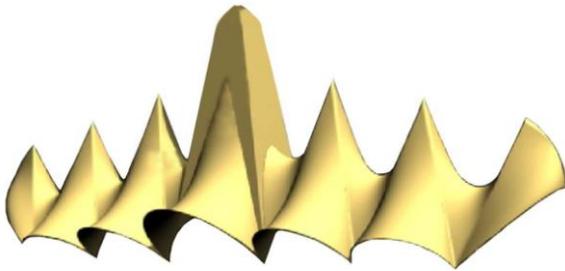
Sebelum diadakan pengujian secara riil, melalui simulasi proses injeksi pola aliran plastik didalam cetakan dapat dilihat. Penggunaan perangkat lunak untuk mensimulasikan proses produksi dapat menghemat biaya pengembangan produk karena tidak perlu melakukan percobaan secara riil [1].

Penelitian ini akan membuat desain model miniatur atap menara siger berbahan baku *polypropylene*. Model miniatur material plastik dalam proses *injection molding* dapat didesain dengan menggunakan perangkat lunak. Model dibuat dengan bervariasi ketebalan mulai dari 1 – 2 mm dengan kenaikan 0,25 mm. Model tersebut secara simulasi akan diuji kemampuan dari plastik cair untuk mengisi *mold* serta dilakukan analisa kualitas. Pengujian dilakukan menggunakan *software Moldflow Plastic Advisers 7.3 (MPA 7.3)*. Saat simulasi, temperatur *mold*, temperatur *melt* dan tekanan injeksi dibuat konstan.

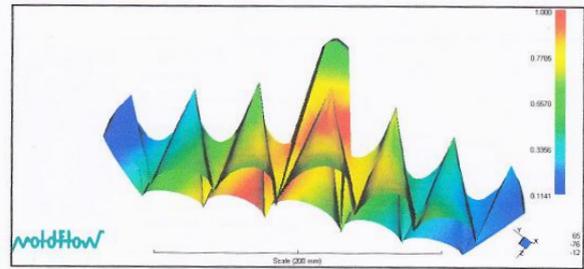
METODA PENELITIAN

Pemodelan Atap Menara Siger

Model miniatur atap Menara Siger mempunyai dimensi panjang 295 mm, lebar 114 mm dan tinggi 132 mm. Bentuk model miniatur atap Menara Siger dapat dilihat pada Gambar 1. Untuk mempermudah analisis maka simulasi pemodelan dibuat simetri terhadap bidang *xy*. Dalam pelaksanaan simulasi model miniatur atap Menara Siger divariasikan ketebalan dindingnya. Variasi ketebalan dinding model yaitu 1 mm; 1,5 mm; 2 mm; 2,5 mm; 3 mm; 3,5 mm dan 4 mm.



Gambar 1 Gambar model miniatur atap Menara Siger



Gambar 2 Pemilihan lokasi saluran masuk (gate)

Material

Material yang digunakan sebagai bahan baku model miniatur atap Menara Siger adalah polipropilen dengan nama komersial AP 6106HS. Karakteristik polipropilen dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik Polipropilen [3]

Struktur	:	Ko-polimer
Suhu leleh (°C)	:	210 - 290
Kepadatan (kgm ⁻³)	:	905
Kekuatan tarik (MPa)	:	25
Modulus kelenturan (GPa)	:	1
Pemanjangan sampai patah (%)	:	300
Kekerasan	:	RC80
Impak (Izod, kJm ⁻¹)	:	0,1

Kondisi Simulasi

Kondisi operasi simulasi yaitu suhu mold 50°C, suhu leleh polipropilen 250°C dan tekanan injeksi 120 MPa. Setelah ditetapkan material dan kondisi operasi maka simulasi dilakukan menggunakan Moldflow. Parameter hasil yang dilihat dari simulasi yaitu waktu pengisian, suhu aliran depan, waktu pendinginan, cacat garis dan udara terperangkap.

Sebelum melakukan simulasi terlebih dahulu dilakukan analisis lokasi gate yang optimal. Analisis lokasi gate bertujuan untuk memperoleh penempatan gate dengan prediksi kualitas yang baik sehingga meminimalisasi kemungkinan cacat pada produk. Hasil analisa lokasi gate terlihat seperti pada gambar 2. Dari gambar tersebut terlihat warna yang mengindikasikan bahwa lokasi gate paling baik ditandai dengan daerah yang berwarna biru, daerah yang baik ditandai dengan warna hijau, daerah yang kurang baik ditandai dengan warna kuning, sedangkan daerah yang buruk untuk dijadikan gate adaraha daerah yang ditandai dengan warna merah. Karena pada puncak tengah model Menara Siger terlihat berwarna hijau dan simetri maka lokasi tersebut dipilih sebagai gate.

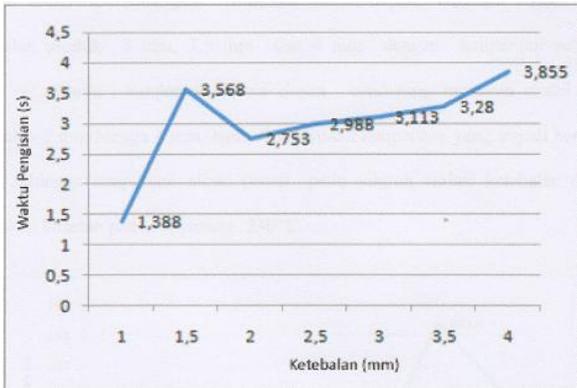
HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan simulasi Moldflow 7 variasi ketebalan dinding atap miniatur menara siger maka diperoleh nilai waktu pengisian, suhu aliran depan, waktu pendingin serta imej cacat garis dan udara terperangkap dari. Data hasil dari simulasi Moldflow dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Data hasil simulasi

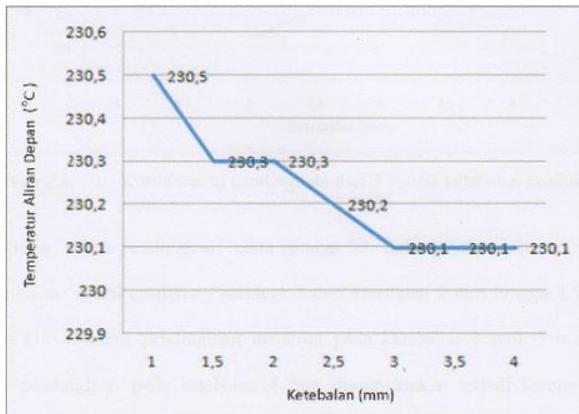
No	Ketebalan (mm)	Waktu Pengisian (detik)	Suhu Aliran Depan (°C)	Waktu Pendinginan (detik)
1	1	1,388	230,5	-
2	1,5	3,568	230,3	-
3	2	2,753	230,3	25,8
4	2,5	2,988	230,2	43,99
5	3	3,113	230,1	60,7
6	3,5	3,280	230,1	147,9
7	4	3,855	230,1	102,9

Kurva hubungan antara ketebalan produk dan parameter hasil dapat dilihat pada gambar 3, 4 dan 5. Pada gambar 3 terlihat bahwa waktu pengisian tertinggi terjadi pada ketebalan produk 4 mm dengan waktu pengisian 3,855 detik sedangkan waktu pengisian terendah terjadi pada ketebalan produk 1 mm yaitu 1,388 detik. Peningkatan waktu pengisian tertinggi terjadi antara ketebalan 1mm dan 1,5mm yaitu 2,18 detik. Hal ini dimungkinkan karena pada ketebalan 1,5 mm terjadi aliran balik fluida plastik cair yang disebabkan aliran turbulen pada model part yang belum dapat terisi penuh oleh plastik cair. Namun setelah ketebalan 2 mm hingga 4 mm waktu pengisian cenderung meningkat secara teratur.



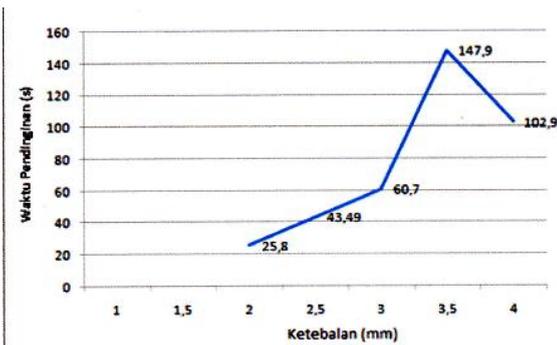
Gambar 3 Kurva waktu pengisian dari 7 variasi ketebalan produk

Untuk kurva suhu aliran depan pada gambar 4 terlihat bahwa suhu aliran depan menurun mulai pada ketebalan produk 1 mm dengan suhu 230,5 °C sampai suhu aliran depan terendah yang terjadi pada ketebalan dinding 3 mm, 3,5 mm dan 4 mm dengan suhu 230,1 °C.



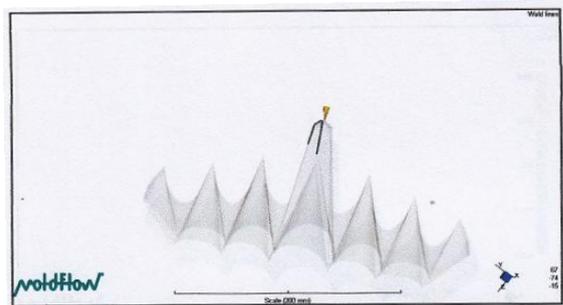
Gambar 4 Kurva suhu aliran depan dari 7 variasi ketebalan produk

Gambar 5 memperlihatkan kurva waktu pendinginan yang cenderung meningkat mulai ketebalan 2 mm hingga 3,5 mm, namun waktu pendinginan menurun pada ketebalan 4 mm. Penurunan waktu pendinginan pada ketebalan 4 mm terjadi karena laju perpindahan panas berlangsung lebih cepat dari ketebalan sebelumnya. Pada ketebalan 1 mm dan 1,5 mm tidak dapat diketahui hasil analisa waktu pendinginan, hal ini disebabkan karena pada kedua ketebalan tersebut produk belum dapat terisi dengan baik.

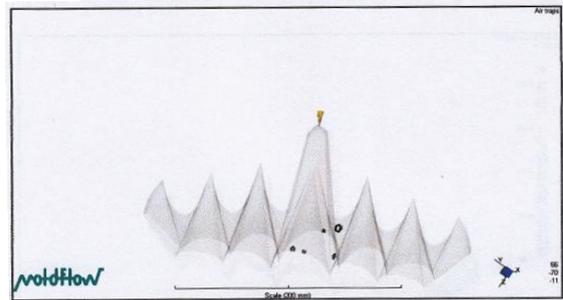


Gambar 5 Kurva waktu pendinginan pada berbagai variasi ketebalan

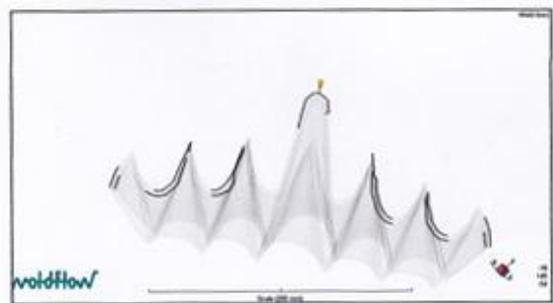
Analisis cacat produk berupa cacat garis dan udara terperangkap dalam simulasi ini menunjukkan seluruh variasi ketebalan model yang digunakan mengalami cacat produk. Namun cacat produk paling banyak terlihat pada ketebalan produk 4 mm (lihat gambar 6 dan 7). Cacat produk paling sedikit terlihat pada ketebalan produk 1 mm (gambar 8 dan 9), namun pada ketebalan ini cairan plastik belum dapat mengisi secara penuh mold model. Dari perbandingan gambar hasil simulasi menunjukkan bahwa cacat produk meningkat jumlahnya seiring dengan bertambahnya ketebalan model.



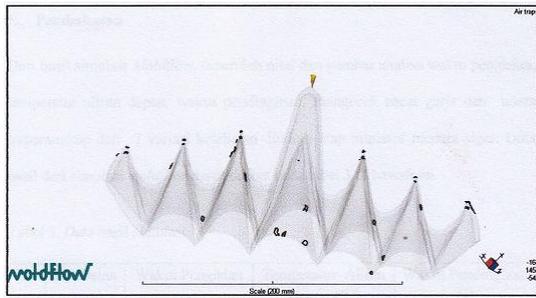
Gambar 6. Cacat garis yang terjadi pada ketebalan dinding 1 mm



Gambar 7 Gas terperangkap pada dinding dengan ketebalan 1 mm



Gambar 8. Cacat garis terjadi pada ketebalan dinding 4 mm



Gambar 9 Gas terperangkap terjadi pada ketebalan dinding 4 mm

Dari analisis dapat disimpulkan bahwa pada ketebalan 1 mm dan 1,5 mm tidak dapat dipilih sebagai ketebalan optimal karena model miniatur belum dapat terisi penuh sehingga nilai waktu pendinginan tidak dapat diketahui seperti yang terlihat pada gambar 5, dengan demikian ketebalan optimal diperoleh adalah ketebalan 2 mm. Hal ini berdasarkan pada fakta bahwa pada ketebalan 2 mm memiliki nilai waktu pengisian tercepat yaitu 2,753 detik dan waktu pendinginan tercepat yaitu 25,8 detik, sedangkan nilai suhu aliran depan relatif sama dengan ketebalan lainnya yaitu pada 230 °C.

KESIMPULAN

Dari simulasi dan analisis variasi ketebalan dinding model miniatur dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Mold mulai dapat terisi cairan plastik secara penuh mulai ketebalan 2 mm sampai 4 mm.
2. Dalam simulasi semua variasi ketebalan pada model miniatur mengalami cacat. Cacat produk meningkat seiring dengan ketebalan dinding.
3. Ketebalan optimal model adalah 2 mm dengan waktu pengisian tercepat 2,753 detik, suhu aliran depan 230 °C dan waktu pendinginan tercepat 25,8 detik. Pada ketebalan dinding 2 mm cacat garis dan udara terperangkap yang terjadi sedikit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K.A. Beiter & K. Ishii D.R. Busick, "Design for injection molding: Using process simulation to assess tolerance feasibility," 1994.
- [2] Amelia Sugondo, "Kajian Pengaruh Ketebalan Pada Kualitas dan Mampu Bentuk Dengan Menggunakan Simulasi Pada Proses Injection Molding (Studi Kasus: Model Gelas)," dalam *Seminar Nasional Teknik Mesin 3*, Surabaya, 2008, pp. 1-5.
- [3] Colin Hindle. Polypropylene. <http://www.bpf.co.uk/plastipedia/polymers/pp.aspx>. akses tanggal 11 November 2015