



Analisis Pengaruh Temperatur Mold terhadap Perpindahan Kalor pada Polimer dalam Proses *Injection Molding* Menggunakan *Software Autodesk Moldflow Adviser*

Suhaeri¹, Sugiyarto¹, R.P. Wardhani², dan Djuhana¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Pamulang 15417, Tangerang Selatan, Indonesia.

²Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tridharma, Balikpapan utara, Balikpapan 76126, Indonesia

E-mail: Sugiyarto784@gmail.com

Masuk : 20 November 2020

Direvisi : 1 Desember 2020

Disetujui : 5 Januari 2021

Abstrak: Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperatur mold terhadap perpindahan kalor dalam polimer dan pengaruhnya terhadap cacat produk yang terjadi pada koverudukan pelat sepeda motor. Produk ini terbuat dari plastik dan diproduksi dengan metode injection molding. Penelitian ini dilakukan menggunakan software Autodesk Moldflow Adviser. Dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa terjadi perpindahan kalor sebesar 80.213,68 Joule pada temperature mold 30°C, 60.689,01 Joule pada temperature mold 40°C dan 54.425,55 Joule pada temperature mold 50°C. Potensi cacat produk sink mark sebesar 0,1084 mm pada temperature mold 30°C, 0,1124 mm pada temperature mold 40°C, dan 0,1169 mm pada temperature mold 50°C. Potensi cacat warpage sebesar 1,418 mm pada suhu 30°C, 1,521 mm pada suhu 40°C, dan 1,6382 mm pada suhu 50°C. Pada temperature mold 50°C didapatkan parameter setting yang lebih efektif dan efisien.

Kata kunci: Injection molding, polimer, perpindahan kalor, temperatur mold, sinkmark, warpage

Abstract: The research was conducted to obtain temperature mold influence on the heat transfer polymer and influence of deformities product happened on cover motorcycle plate holder. This product made of plastic and produced with the injection molding. The research was conducted uses autodesk moldflow adviser software. Of this research note that happened displacement heat engine of 80.213,68 Joule in 30°C mold temperature, 60.689,01 Joule in 40°C mold temperature, 54.435,55 Joule in 50°C mold temperature. Defective sinkmark potential on product of 0,1084 mm in 30°C mold temperature, 0,1124 mm in 40°C mold temperature, and 0,1169 mm in 50°C mold temperature. Defect warpage potentially of 1,418 mm in 30°C mold temperature, 1,521 mm in 40°C mold temperature, and 1,6382 mm in 50°C mold temperature. In 50°C mold temperature obtained parameter setting more effective and efficient.

Keywords: Injection molding, polymer, heat transfer, mold temperature, sinkmark, warpage

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia otomotif tiap hari kian meningkat. Berbagai jenis kendaraan bermotor silih berganti dikeluarkan oleh perusahaan-perusahaan produsen sepeda motor baik dalam negeri maupun luar negeri. Banyaknya varian sepeda motor yang diproduksi berhasil menjangkau hampir semua elemen masyarakat.

Dengan minat dan daya beli masyarakat terhadap sepeda motor yang cukup tinggi, produsen sepeda motor melakukan berbagai inovasi terhadap produk-produk mereka. Dari desain yang dibuat semenarik mungkin, harga yang bersaing, dan penambahan aksesoris untuk membuat sepeda motor menjadi lebih menarik.

Salah satu produk aksesoris sepeda motor yang akhir-akhir ini mulai lazim digunakan adalah koverudukan pelat sepeda motor. Produk ini berfungsi sebagai dudukan atau tempat pelat sepeda motor, untuk

mempermudah pemasangan pelat, dan juga melindungi pelat sepeda motor. Produk ini umumnya terbuat dari material plastik, karena ringan dan murah [1-3].

Pembuatan produk ini dilakukan melalui proses *injection molding*. Dengan metode ini produk yang dihasilkan akan lebih presisi, selain itu dari segi produksi akan lebih efektif dan efisien. Untuk mendapatkan produk yang berkualitas bagus selain dari kualitas cetakan, juga diperlukan setting parameter yang tepat pada saat proses injeksi [1], [4].

Sebelum atau pada saat proses pembuatan desain *mold*, akan dilakukan proses *CAE* (*computer aided engineering*), yaitu analisis terhadap produk, guna membantu proses pembuatan desain *mold* sehingga mendapatkan produk yang berkualitas. Proses *CAE* pada umumnya dilakukan dengan bantuan *software* simulasi, yang nantinya akan menghasilkan analisis terhadap potensi masalah yg mungkin terjadi pada *mold* atau produk, sehingga dapat diantisipasi dari awal pada saat proses desain *mold*. Selain itu juga akan didapatkan *parameter setting* yang hampir mendekati aktual, sehingga proses *trial and eror* akan lebih efektif [5-7].

Pada kesempatan kali ini penulis akan melakukan penelitian pra-produksi pada proses pembuatan *mold* kover dudukan pelat sepeda motor. Penelitian ini dilakukan sebelum atau bersamaan dengan proses desain *mold*. Analisis yang dilakukan adalah pengaruh temperatur *mold* terhadap proses perpindahan kalor yang terjadi pada polimer dalam proses injeksi. Selain itu juga akan dilihat pengaruhnya terhadap potensi cacat produk yang akan timbul, yaitu *warepage* dan *sink mark*. Penelitian ini dilakukan menggunakan *software* simulasi, yaitu Autodesk *Moldflow Adviser*, dengan variasi temperatur *mold* 30°C, 40°C, dan 50°C [7-9].

METODOLOGI

Penelitian dilakukan menggunakan *software* simulasi Autodesk *Moldflow Adviser* untuk dapat mengetahui pengaruh variasi temperatur *mold* terhadap proses perpindahan kalor dalam polimer proses *Injection Molding*, beserta pengaruhnya terhadap cacat produk khususnya *warepage* dan *sinkmark*. Instrumen penelitian ini menggunakan *mold* dudukan kover pelat motor dengan material produk *polypropylene (PP)*. Parameter yang divariasi adalah temperatur *mold*, dengan variasi 30°C, 40°C, dan 50°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi injeksi

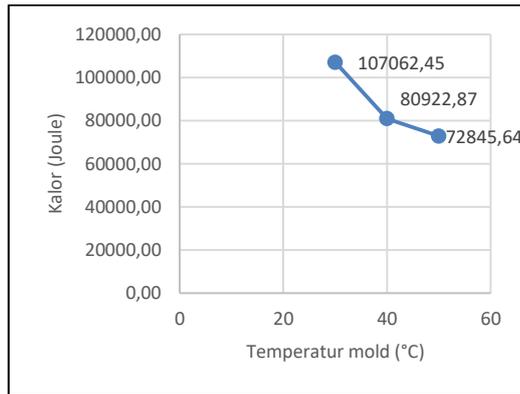
Hasil simulasi injeksi dengan *melt temperature* material yang ditahan pada suhu 200°C dan dengan variabel temperatur *mold* yang berbeda yaitu 30°C, 40°C, dan 50°C :

<i>Mold</i> temperatur (°C)	30	40	50
Melt temperatur (°C)	200	200	200
Part temperatur (°C)	36,1	38,2	39,08
<i>Cycle time</i> (s)	114,39	86,88	78,37

Gambar 1. Hasil simulasi injeksi

Dari hasil simulasi dapat dilihat jika part temperature berbanding lurus dengan mold temperature, sedangkan cycle time berbanding terbalik dengan mold temperature.

Analisis perpindahan kalor

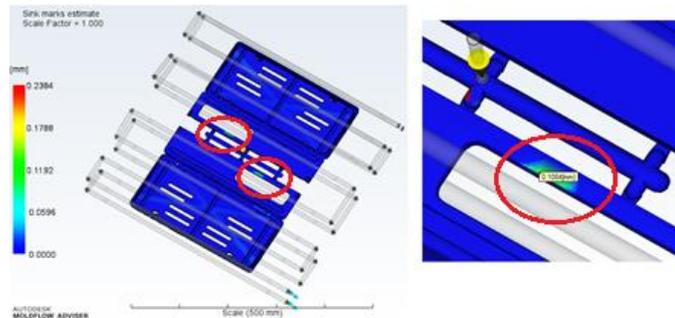


Gambar 2. Perpindahan kalor pada polimer

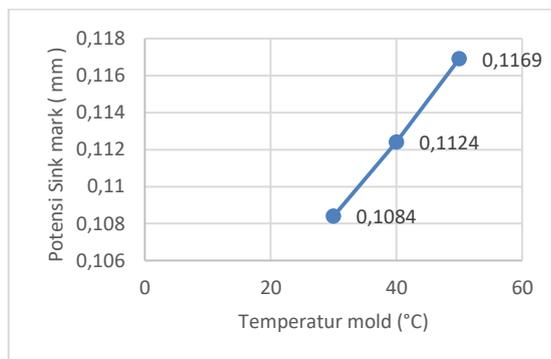
Berdasarkan hasil simulasi kemudian dihitung perpindahan kalor yang terjadi pada polimer, pada temperatur mold 30°C perpindahan kalor yang terjadi 107.062,45 Joule, pada temperatur mold 40°C sebesar 80.922,87 Joule, dan pada temperatur mold 50°C sebesar 72.845,64 Joule. Perpindahan kalor yang terjadi berbanding terbalik dengan mold temperatur, semakin tinggi temperatur mold maka kalor yg berpindah semakin kecil. Hal ini dipengaruhi oleh cycle time yg semakin kecil, sehingga perpindahan kalor yg terjadi juga semakin kecil [10].

Cacat produk *sinkmark* dan *warpage*

Potensi cacat sinkmark berdasarkan hasil simulasi:



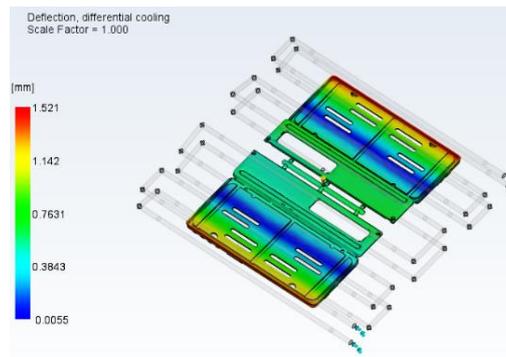
Gambar 3. Posisi potensi cacat sinkmark pada produk



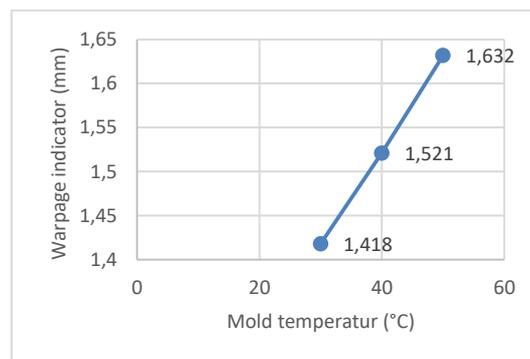
Gambar 4. Besaran potensi cacat sinkmark

Perbedaan potensi sinkmark pada setiap temperatur mold sangat kecil, jadi tidak akan mempengaruhi kualitas produk.

Potensi cacat warpage berdasarkan hasil simulasi injeksi:



Gambar 5. Potensi cacat warpage



Gambar 6. Besaran potensi cacat warpage

Kenaikan nilai potensi *warpage* konstan terhadap kenaikan temperature *mold*. Nilai potensi *warpage* untuk tiga kali simulasi yang dilakukan dengan variabel temperatur *mold* yang berbeda berada di kisaran 1,4 mm sampai 1,7 mm. Dari hasil yang diperoleh, besaran nilai *warpage* masih masuk dalam toleransi kualitas produk yang diinginkan. Hal ini dikarenakan produk ini tidak berpasangan dengan produk plastik lain, jadi potensi *warpage* yang terjadi dengan nilai tersebut masih aman [11].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang mengacu pada perumusan masalah, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perpindahan kalor yang terjadi pada polimer pada saat proses injeksi berbanding terbalik dengan temperatur *mold*, yang artinya jika temperatur *mold* dinaikan maka perpindahan kalor yang terjadi akan semakin kecil. Hal ini dipengaruhi oleh temperatur produk setelah proses injeksi yang berbanding lurus dengan temperatur *mold*, yaitu 36,10°C pada tempertaure *mold* 30°C, 38,20°C pada temperatur *mold* 40°C, dan 39,08 pada temperatur *mold* 50°C. Sehingga perpindahan kalor yang terjadi sebesar 107.062,45 Joule pada suhu 30°C, 80.922,87 Joule pada suhu 40°C, dan 72.845,64 Joule pada suhu 50°C.
2. Variasi temperatur *mold* tidak berpengaruh pada potensi *sinkmark* yang terjadi berdasarkan hasil simulasi menggunakan software Autodesk *Moldflow Adviser*, karena nilai yang dihasilkan sangat kecil, bahkan hanya beberapa micron. Nilai potensi *sinkmark* yang diperoleh sebesar 0,1084 mm pada suhu 30°C, 0,1129 mm pada suhu 40°C, dan 0,1169 mm pada suhu 50°C. Dari nilai tersebut potensi *sinkmark* tidak akan begitu terlihat pada prosuk atau samar karena surface produk akan dilakukan proses finishing etching, sehingga cacat produk *sinkmark* akan lebih samar. Dan untuk potensi warpage berbanding lurus dengan temperatur *mold*, dengan kenaikan yang konstan sesuai dengan kenaikan temperatur *mold*. Besaran nilai potensi warpage sebesar 1,418 mm pada suhu 30°C, 1,521 mm pada suhu 40°C, dan 1,632 mm pada suhu 50°C. Dikarenakan produk tersebut tidak berpasangan atau berhubungan dengan produk plastik yang lain, jadi dengan besaran nilai warpage tersebut produk masih aman dan dianggap ok untuk kualitasnya.
3. Berdasarkan hasil simulasi dan penelitian yang telah dilakukan *parameter setting* yang terbaik diantar tiga data yang diperoleh adalah pada temperatur *mold* 50°C, karena kualitas produk yang dihasilkan hampir sama dan secara fungsi masih dalam kategori baik, akan tetapi memiliki cycle time atau waktu produksi yang lebih kecil. Sehingga dapat membuat proses produksi lebih efektif dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Yang, X. Chen, N. Lu, and F. Gao, *Injection Molding Process Control, Monitoring, and Optimization*. Muchen: Hanser, 2016
- [2] R.J. Crawford, *Plastic Engineering* Third Edition. Oxford: Butterworth-Heinemann.,1998.
- [3] T. Schimanski, *High-Performance Polypropylene Structures for Eco-Friendly, Fully Recyclable Composites*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 2002 DOI: 10.6100/IR555619.
- [4] R. O. Ebewele, *Polymer science and technology*. Florida: CRC Press LLC, 2000.
- [5] J.P. Holman, *Perpindahan Kalor*. Jakarta : Erlangga, 1994.
- [6] Injection Molding. <http://imdia.or.id/indonesian/dictionary/index.html> . Diakses pada 27 Januari 2019 pukul 12.39.
- [7] J. K. Ferrell and E. P. Stahel, "Heat transfer," *Ind. Eng. Chem.*, vol. 58, no. 12, pp. 42–54, 1966.
- [8] K. Thulukkanam, *Heat Exchanger Design Handbook Second Edition*. Florida: CRC Press, 2013.
- [9] G. A. A. V. Haagh and F. N. Van De Vosse, "Simulation of three-dimensional polymer mould filling processes using a pseudo-concentration method," *Int. J. Numer. Methods Fluids*, vol. 28, no. 9, pp. 1355–1369, 1998.
- [10] M.A. Crowd, *Kimia Polimer*. Bandung: ITB, 1991.
- [11] Y. Liu, *Heat transfer process between polymer and cavity wall during injection molding*. Chemintz : Universitatsverlag Chemintz, 2014.