

ANALISA VARIASI TEKANAN, *TEMPERATURE*, UKURAN *RUNNER* TERHADAP *FILLING TIME* OPTIMAL PADA INJEKSI *MOLDING*

¹Ellysa Kusuma Laksanawati, ²Sri Lestari, ³Sigit Pramono

^{1,2,3}Universitas Muhammadiyah Tangerang, Jl. Perintis Kemerdekaan 1 No. 33 Cikokol Tangerang 15118
e-mail: ¹ellysaki@yahoo.com, ²srilestari2606@gmail.com

Abstrak

Sistem pengemasan (*packaging*) berbahan dasar plastic untuk produk lid food box mendapat perhatian khusus bagi para produsen dan proses yang paling umum digunakan adalah *injection molding*. Penelitian ini difokuskan untuk menganalisa pengaruh variasi tekanan, *temperature*, dan ukuran *runner* terhadap *filling time* pada proses injeksi *molding* produk lid food box menggunakan *software* autodesk inventor 2015 sehingga diperoleh *filling time* optimal. Experimen berupa simulasi dilakukan dengan memasukkan data variasi tekanan, *temperature* dan ukuran *runner*. Hasil dari penelitian ini diperoleh *filling time* optimal pada *setting melt temperature* 220°C, tekanan injeksi 90 Mpa, *mold temperature* 40°C, dan diameter *runner* 6 mm. Jenis *gate tunnel* dan jenis *runner circle* yang optimal memiliki hasil analisis *filling time* selama 0.34 detik. Cacat yang terjadi selama proses simulasi injeksi *molding* adalah *weld lines*, *air trap* dan *short-shot*. Berdasarkan masalah tersebut, maka dirancang sebuah *mold* unit dengan jenis *system two plate mold*.

Kata Kunci: Produk Plastik, *Injection Molding*, *experiment*, *Lid Food Box*, *Inventor*, *Mold*.

Abstract

Plastic based packaging systems for food box lid products receive special attention from manufacturers and the most common process is injection molding. This study aims to analyze the effect of variations in pressure, temperature, and runner size on filling time in the injection molding process for food box products using Autodesk Inventor 2015 software in order to obtain the optimal filling time. Experiments in the form of simulations were carried out by entering data on variations in pressure, temperature, and runner size. The results of this study obtained the optimal filling time at the melting temperature setting of 220°C, injection pressure of 90 Mpa, mold temperature of 40°C, and runner diameter of 6 mm. The optimal type of gate tunnel and runner circle type has a filling time analysis result of 0.34 seconds. Defects that occur during the injection molding simulation process are weld lines, air traps and short-shots. Based on these problems, a mold unit was designed with a two plate mold system type.

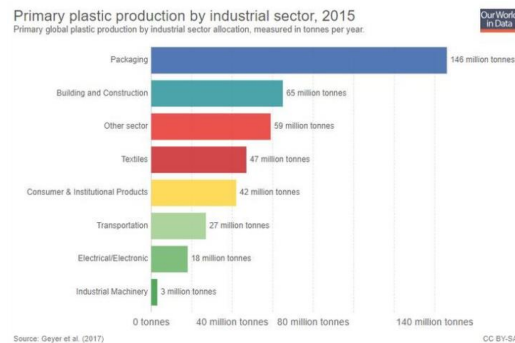
Keywords: Plastic Products, *Injection Molding*, *Experiment*, *Lid Food Box*, *Inventor*, *Mold*.

PENDAHULUAN

Perkembangan inovasi yang hampir mencakup semua bidang, termasuk sistem pengemasan (*packaging*) terhadap produk, berbahan plastic menjadi perhatian khusus bagi produsen, karena konsumen mempunyai keinginan yang bermacam-macam seperti desain, fungsi, dan nilai lebih atas produk yang digunakannya. Selain itu konsumen juga selalu ingin yang praktis dimana ketika mereka selesai menggunakan suatu produk makanan kemasannya langsung dibuang, akan tetapi kebiasaan tersebut bertolak belakang dengan kebijakan pemerintah yang ingin mengurangi sampah guna menjaga keberlangsungan alam.

Kemasan di Indonesia memainkan peranan yang penting dan menentukan dalam menunjang pertumbuhan ekonomi. Diperkirakan pertumbuhan pemakaian kemasan di Indonesia kedepan sekitar 10% - 13% setahun. Pemakaian kemasan yang terbesar di Indonesia adalah sektor agrofood, rata-rata sebesar 60% dari keseluruhan pemakaian

kemasan. Untuk jenis kemasan dari aluminium dan kaleng sekitar 71% dipergunakan untuk agrofood, untuk kemasan plastik 56% untuk agrofood dan untuk kemasan gelas dan *paper board* masing-masing 80% dan 55% dipergunakan di agrofood.

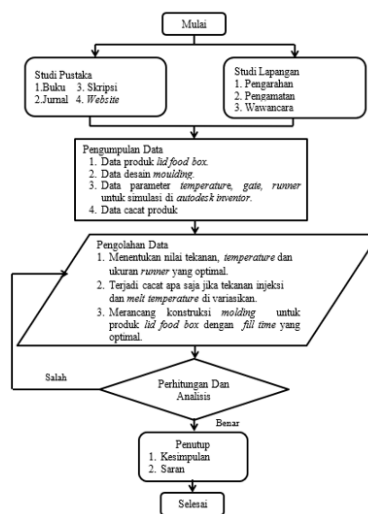


Gambar 1. Jumlah Produksi Plastik untuk Packaging
Sumber: <https://ourworldindata.org/grapher/plastic-production-by-sector>

Salah satu proses yang paling umum digunakan untuk kemasan plastik adalah *injection molding* (Clarks et al., 2001). *Injection molding* adalah proses dimana bahan termoplastik dipanaskan dan meleleh di silinder dan kemudian diinjeksikan ke dalam dan mengeras kembali di dalam *mold* (Hidayat and Rahman, 2017), walaupun metode ini juga bisa digunakan untuk termoset. Produk berbahan plastik dapat ditemui dalam produk *lid food box*, produk ini dirancang agar mudah digunakan dalam membuka dan menutup kemasan sehingga akan mempengaruhi kenyamanan pemakai produk atau konsumen. Penelitian serupa yang ada, adalah proses *injection molding* dilakukan untuk produk penghapus *whiteboard*, sedangkan untuk kemasan makanan belum banyak dibahas walaupun sampah dari kemasan makanan cukup banyak di dunia bahkan di Indonesia sendiri. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka fokus dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran diameter *runner*, variasi tekanan dan variasi temperatur (Rizal, 2018) terhadap hasil *fill time* yang optimal dan rasio cacat yang kecil (Sugondo et al., 2007), sehingga produk yang dihasilkan sesuai harapan.

METODE PENELITIAN

Adapun alur penelitian, agar mempermudah dalam melakukan penelitian, dirancang sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Teknis penelitian dapat disederhanakan dan difokuskan pada *Input-Proses-Output*, dimana *Input* meliputi data produk *Lid Food Box*, data desain *moulding*, data cacat produk, data parameter *temperature gate* serta *runner* untuk simulasi di *Autodesk Inventor*. Didalam proses meliputi simulasi menggunakan *Autodesk Inventor*. Sedangkan *Output* adalah hasil analisa variasi tekanan, temperature dan ukuran *runner* terhadap *filling time* sehingga diperoleh variasi *filling time* optimal.



Gambar 2. Flow Chart Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Definisi Polimer

Plastik merupakan *Polimer* sedangkan definisi *Polimer* adalah molekul besar yang terbentuk dari unit-unit berulang sederhana. Nama ini diturunkan dari bahasa Yunani 'poly', yang berarti 'banyak', dan 'mer', yang berarti 'bagian'. Pada dasarnya *polimer* secara umum digolongkan menjadi 3 macam yaitu sebagai berikut (Ramadhan, 2021):

1. Bahan *Thermoplastic* yaitu akan melunak bila dipanaskan dan setelah didinginkan akan mengeras. Contoh: *polystyrene*, *polyethylene*, *polypropylene*, nilon, dan sebagainya.
2. Bahan *Thermosetting* yaitu plastik dalam bentuk cair dan dapat dicetak sesuai dengan yang diinginkan serta akan mengeras jika dipanaskan dan tetap tidak dapat dibuat menjadi plastik lagi. Contoh: *epoxy putty* dan *phenol-formaldehyde*.
3. Karet atau *elastomer* yaitu *polimer* yang memperlihatkan resiliensi (daya pegas). Contoh: karet sintesis.

1.1. Teknologi Pemrosesan Plastik

Ada beberapa teknologi pemrosesan plastik yaitu sebagai berikut (Cahyadi, 2014):

1. *Injection Molding*
2. *Ekstrusi*
3. *Thermoforming*
4. *Blow Molding*

1.2. Injection Unit (Unit Injeksi)

Pada unit injeksi terdapat beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam proses *injection molding*, antara lain (Hakim, 2016):

1) Kecepatan Injeksi

Namun apabila terlalu cepat, juga dapat menghasilkan masalah seperti dibawah ini:

- a. Waktu injeksi material kedalam *cavity*, udara yang terkandung dalam material akan terjebak di dalam *mold*.
- b. *Temperature* material menjadi sangat panas seperti terbakar, yang menyebabkan tanda (*mark*) pada produk.

c. Apabila udara yang terdapat dalam *cavity* tidak dikeluarkan, cairan plastik terlanjur diisikan kedalam *cavity* akan menyebabkan permukaan produk menjadi tidak bagus dan cacat.

- 2) Tekanan *Injection Moulding*
- 3) Waktu Injeksi (*Injection Time*)
- 4) *Temperature Injection Moulding*

Ada beberapa macam analisa *temperature* yang terjadi pada mesin injeksi yaitu (Pratama et al., 2021): *Temperature at Flow Front*; *Temperature Part*, dan *Temperature Variance*

- 5) Waktu Pendinginan (*Colling Time*)

1.3. Cacat Produk *Injection Molding*

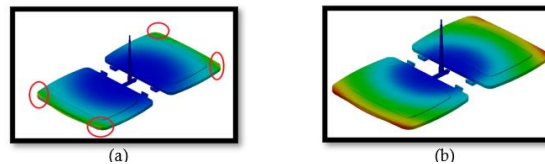
Macam-macam cacat pada proses *injection molding* adalah *warpage*, *sink mark*, *short-shot*, *weld lines* dan *flasing*.

2. Pengaruh Variasi Tekanan

Variasi tekanan injeksi juga mempengaruhi pada pengisian produk. Data yang dihasilkan disajikan pada tabel 1. dibawah ini:

Tabel 1. Parameter Variasi Tekanan

Parameter yang digunakan	
Melt temperature	210°C
Mold temperature	40°C
Pressure injection	80, 90 dan 100 Mpa
Diameter runner	6 mm
Jenis runner	Circle
Jenis gate	Tunnel



Gambar 3. Simulasi analisa *filling time* dengan tekanan injeksi 80 Mpa 90 Mpa

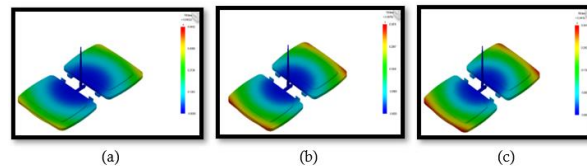
Pada hasil simulasi analisa *filling time* yang ditunjukkan pada gambar 2(a) menggunakan tekanan injeksi 80 Mpa, *melt temperature* 210°C, dan *mold temperature* 40°C. bahwa waktu pengisian cetakan yaitu 1.13 detik dan cacat yang terjadi berupa *short-shot*. Hasil simulasi *filling time* yang ditunjukkan pada gambar 2(b) menggunakan tekanan injeksi sebesar 90 Mpa, *melt temperature* 210°C bahwa pada hasil analisa diperoleh waktu pengisian selama 0.38 detik.

3. Pengaruh Variasi Temperatur

Berikut adalah hasil simulasi dari variasi *temperature* produk *lid food box*:

Tabel 2. Parameter Variasi Temperatur

Parameter yang digunakan	
Melt temperature	200, 210 dan 220°C
Mold temperature	40°C
Pressure injection	90 Mpa
Diameter runner	6 mm
Jenis runner	Circle
Jenis gate	Tunnel



Gambar 4. Simulasi analisa *filling time* dengan *melt temperature* 200°C

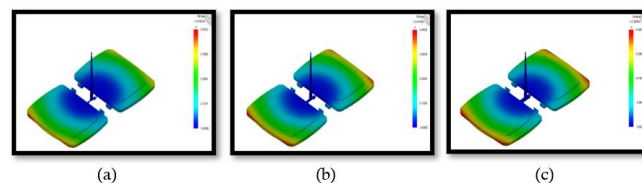
Pada hasil simulasi analisa terhadap *filling time* cetakan, dengan *melt temperature* 200°C diperoleh *filling time* selama 0.54 detik ditunjukkan pada gambar 3(a). Selama proses pengisian produk tidak terdeteksi adanya cacat pada produk. Pada gambar 3(b) ditunjukkan distribusi cairan plastik dari ketiga produk cetakan memiliki *filling time* selama 0.38 detik. Pada analisis variasi temperatur yang ditunjukkan pada gambar 3(c) hasil *filling time* optimal berada pada settingan 40 Mpa dan *melt temperature* 220°C yang memperoleh waktu pengisian produk selama 0.34 detik. Pada hasil analisis yang dilakukan tidak terdapat cacat *shortshot*.

4. Hasil Analisis Fill Time Pengaruh Variasi Ukuran Diameter Runner

Parameter yang digunakan pada percobaan variasi ukuran diameter *runner* adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Parameter Variasi Ukuran Diameter *Runner*

Parameter yang digunakan	
Diameter runner	2, 4, dan 6 mm
Mold temperature	40°C
Pressure injection	90 Mpa
Melt temperature	210°C



Gambar 5. Simulasi analisa *filling time* dengan *melt temperature* 200°C

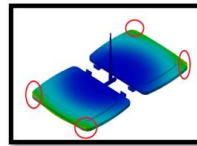
Dilihat dari hasil analisa variasi ukuran *runner* dengan diameter 2 mm ditunjukkan pada gambar 4(a) diketahui bahwa hasil analisa *fill time* dengan ukuran *runner* berdiameter 4 mm memiliki waktu pengisian cetakan selama 0.53 detik. Pada simulasi *fill time* kedua, dilakukan perbedaan ukuran *runner* 4 mm ditunjukkan pada gambar 4(b) memiliki waktu pengisian cetakan selama 0.41 detik. Pada gambar 4(c) ditunjukkan distribusi waktu pengisian dari hasil simulasi pengisian produk menggunakan diameter *runner* 6 mm memiliki waktu pengisian selama 0.38 detik. Maka dapat disimpulkan semakin besar ukuran diameter *runner* maka semakin cepat juga *filling time* nya.

4.1. Cacat (*defect*) Yang Terjadi

Berikut ini adalah cacat yang terjadi selama proses pengujian produk *lid food box*:

- Short-shot*

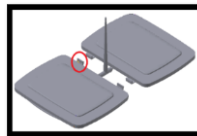
Short-shot adalah kondisi dimana kapasitas plastik tidak mampu memenuhi kapasitas cetakan atau lehan plastik pada saat diinjeksikan mengeras sebelum memenuhi cetakan seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 6. Cacat *Short-shot*

b. *Weld lines*

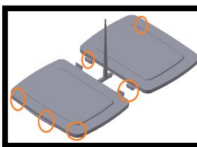
Weld lines adalah cacat sambungan pada produk yang terbentuk oleh pertemuan aliran lehan plastik yang telah dingin seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 7. Cacat *Weld lines*

c. *Air Trap*

Air trap adalah gelembung udara yang terperangkap dalam produk. Biasanya terjadi pada saat proses injeksi plastik kedalam *mold* seperti pada gambar dibawah ini:

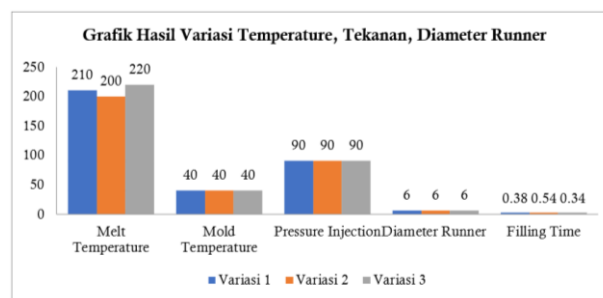


Gambar 8. Cacat *Air Trap*

Berdasarkan hasil pengujian tersebut maka dapat dibuat tabel dan grafik sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Variasi temperature, tekanan, diameter *Runner*

Melt Temperature (°C)	Mold Temperature (°C)	Pressure Injection (Mpa)	Diameter Runner (mm)	Filling Time (s)
210	40	90	6	0.38
200	40	90	6	0.54
220	40	90	6	0.34



Gambar 9. Grafik hasil variasi temperatur, tekanan, diameter runner

SIMPULAN DAN SARAN

1. Simpulan

Berdasarkan hasil perancangan *injection molding* untuk produk *Lid food box*. Maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Filling time* optimal atau waktu lebih cepat, pada setting *melt temperature* 220°C, tekanan injeksi 90 Mpa, *mold temperature* 40°C, diameter 6 mm. Jenis *gate tunnel* dan jenis *runner circle* yang optimal memiliki hasil analisis *filling time* selama 0.34 detik.
2. Adapun cacat yang terjadi selama proses simulasi injeksi *molding* adalah *weld lines*, *air trap* dan *short-shot*, namun cacat tersebut tidak signifikan. Cacat yang terjadi masih pada tahap toleransi yaitu kecil.
3. Untuk mendapatkan *mold* yang optimal adapun langkah-langkah yang harus dilakukan adalah dimulai dari perancangan sampai simulasi desain, hal ini dilakukan untuk menghindari kegagalan dalam pembuatan *molding*.

2. Saran

Setelah melakukan perancangan *mold* untuk produk *lid food box* maka saran yang diberikan untuk perancangan selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perancangan selanjutnya diharapkan untuk membuat *mold* unit secara lengkap dan detail secara nyata dengan menambahkan perhitungan biaya pembuatan cetakan dan biaya produksi dengan berdasarkan kepada ilmu ekonomi teknik, sehingga keseluruhan total biaya dapat diprediksi dan dipilih yang terbaik.
2. Untuk melakukan simulasi, lebih baik dengan menggunakan perangkat komputerisasi dengan kriteria tinggi, agar proses simulasi tidak memakan waktu yang lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyadi, D. 2014. Analisis Parameter Operasi pada Proses Plastik Injection Molding untuk Pengendalian Cacat Produk. *Sintek Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 8.
- Clarks, W. S. Y. P. I., Clarks Originals Desert London Menges, G., Michaeli, W. & Mohren, P. 2001. How to Make Injection Molds. Germany: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, doi.
- Hakim, A. R. 2016. Pengaruh Suhu, Tekanan dan Waktu Pendinginan Terhadap Cacat Warpage Produk Berbahan Plastik. *Jurnal Dimensi*, 5.
- Hidayat, M. F. & Rahman, M. B. N. 2017. Desain dan Optimasi Injection Mold dengan Sistem Slider pada Produk Hardcase Handphone. *Rotasi*, 19, 217-225.
- Pratama, R. A. A., Pradana, Y. R. A. & Afifah, N. Analysis of coolant temperature and injection time effect on the product quality in injection moulding using the Finite Element Method (FEM). IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021. IOP Publishing, 012097.
- Ramadhan, F. F. Proses Pembuatan preform dengan material bahan polyethylene terephthalate menggunakan mesin injection molding. Seminar Teknologi Majalengka (STIMA), 2021. 272-278.
- Rizal, M. 2018. Pengaruh Variasi Tekanan, Temperatur, dan Ukuran Runner Terhadap Filling Time Pada Proses Injeksi Molding Produk Penghapus Whiteboard.
- Sugondo, A., Willyanto, A. & Ian, H. 2007. Minimalisasi Cacat dengan Pengaturan Tekanan Terhadap Kualitas Produk pada Proses Injection Molding dengan Menggunakan Simulasi. *Jurnal Tekno Sim*, 34-40.