

ANALISIS EKSPERIMENTAL PEMBUATAN PRODUK *THIN WALL POLYPROPYLENE* PADA PROSES INJEKSI PLASTIK (STUDI KASUS: PRODUK *JELLY CUP 100 ML*)

Budiman Chandra

Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung

Jl Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung - 40135

Phone/Fax : 022. 250 0241 / 250 2649

Email: bumachan@polman-bandung.ac.id

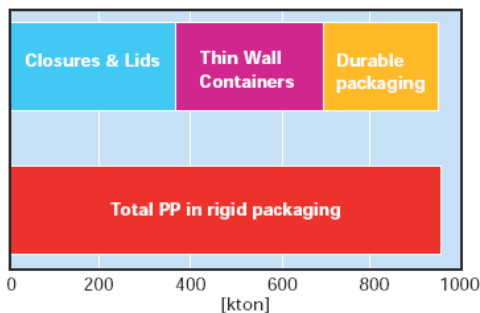
Abstrak

Meningkatnya harga bahan dasar plastik dan tuntutan persaingan mendapatkan produk murah pada industri kemasan untuk barang konsumen, mendorong produsen kemasan untuk melakukan efisiensi bahan dengan mengkonversi produknya menjadi *thin wall product* dan salah satunya pada produk Jelly Cup 100 ml. Simulasi awal dengan CAE menunjukkan ketebalan dinding yang optimum untuk produk Jelly Cup 100 ml berbahan *Polypropylene* (PP) ini adalah 0.5 mm, dengan demikian *flow length / wall thickness ratio* (L/T) yang didapatkan 58.93/0.5 atau 117.86/1 sehingga memenuhi untuk disebut *thin wall product*. Serangkaian eksperimen lapangan dilakukan untuk memberikan hasil nyata *thin wall product*. Diharapkan eksperimen ini menghasilkan produk yang seringan mungkin dan waktu siklus produksi yang sependek mungkin. Metode yang digunakan adalah dengan membuat cetakan injeksi untuk produk Jelly Cup dengan ketebalan 0.42, 0.46, dan 0.5 mm. Percobaan dilakukan sesuai dengan kondisi produksi sebenarnya. Hasilnya menunjukkan ketebalan 0.46 dan 0.5 mm memungkinkan untuk di produksi. Perbedaan antara keduanya terjadi pada tekanan injeksi dan waktu siklus. Perhitungan secara ekonomis, dengan asumsi saat ini, menunjukkan bahwa lebih menguntungkan mencetak produk dengan ketebalan 0.46 mm. Perubahan ketebalan itu tidak signifikan terhadap ketahanan impact (*drop impact resistance*) produk setelah dilakukan *drop test*.

Kata kunci: *Plastic Injection Molding, Thin Wall Product, Polypropylene*

1. Pendahuluan

Polypropylene (PP) merupakan salah satu jenis plastik yang banyak digunakan untuk kemasan. Data dari eropa barat, sekitar 40% konsumsi PP digunakan untuk aplikasi kemasan dan pertumbuhannya sekitar 8% pertahun, menggantikan jenis plastik lainnya sebesar 3% per tahun [1].



Gambar 1. Konsumsi PP pada kemasan rigid

Sekitar 35% dari seluruh penggunaan PP pada kemasan rigid digunakan untuk menghasilkan

kemasan *thin wall*. (gambar 1). Hal ini menjadi alasan mengapa penggunaan PP terus berkembang, selain memang adanya keuntungan-keuntungan lain penggunaan PP.

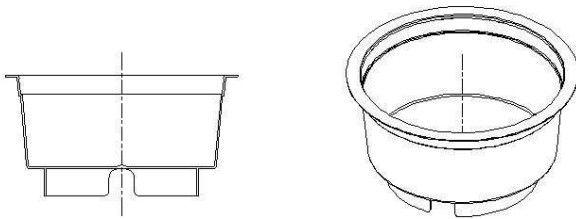


Gambar 2. Supply chain in Packaging

Keterkaitan industri satu dengan lainnya untuk plastik kemasan terlihat seperti pada gambar 2. Pembuat kemasan (*Packaging Manufacturer*) berada diantara pemasok polimer dan industri pengemas sehingga sangat rentan dari tekanan-tekanan dari kedua sisi, misalnya, di satu pihak harga bahan dasar plastik naik sedangkan pembeli, dalam hal ini industri pengemas, tidak mau membeli dengan harga yang lebih tinggi dengan alasan mereka juga tidak mampu menaikkan harga jual produk ke konsumen akhir.

Kondisi-kondisi inilah yang membuat produsen kemasan jelly harus mencoba melakukan

perbaikan untuk menghilangkan pemborosan-pemborosan yang selama ini terjadi salah satunya pada produk Jelly Cup 100 ml (gambar 3).



Gambar 3. Produk Jelly Cup 100 ml

Target perbaikan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Berat produk dikurangi (saat ini yang teringan adalah 4.91 gram)
2. Waktu siklus produksi dipercepat (saat ini yang tercepat adalah 5.2 detik)

Untuk mencapai target perbaikan perlu di pelajari ketebalan dinding produk yang optimal (saat ini antara 0.6-0.67 mm) agar dapat diproses pada cetakan injeksi plastik.

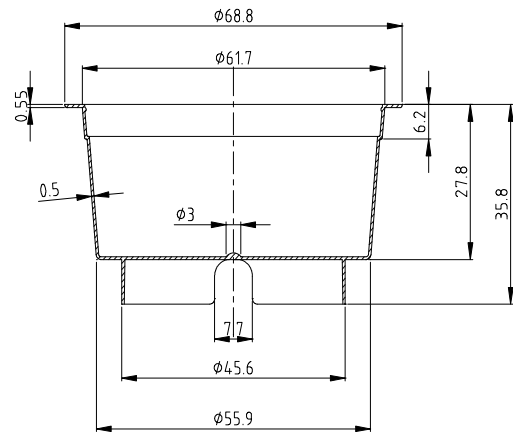
Dengan tidak mengurangi kemampuan produk secara fungsional, tujuan yang dapat tercapai jika produk di tipiskan adalah:

- Menghemat material plastik yang digunakan, sehingga harga produk tersebut dapat bersaing
- Mempercepat waktu siklus (*cycle time*) proses pencetakan plastik karena dengan dinding yang tipis ini berpengaruh pada waktu pengisian dan waktu pendinginan yang semakin pendek
- Membuat produk makin transparan sehingga isi terlihat lebih baik

2. Metode dan Eksperimental

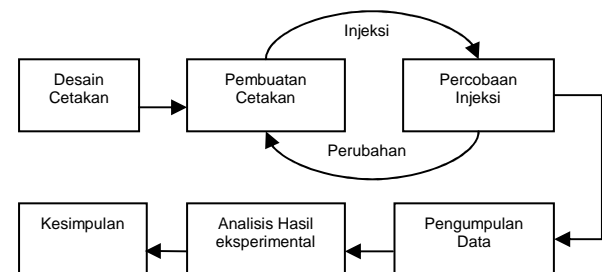
Pada umumnya ketebalan produk plastik dari bahan Polypropylene adalah 0.6-3.5 mm [2] dan batasan rasio *flow length / wall thickness (L/T) thin wall product* adalah 100/1 [3]. Tebal dinding produk saat ini yang tertipis adalah 0.6 mm sehingga rasio L/T adalah 98.217/1. Untuk memenuhi kriteria *thin wall product* maka tebalnya harus kurang dari 0.6 mm tersebut.

Dari hasil simulasi yang pernah dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak moldflow, didapat ketebalan optimal diperkirakan 0.5 mm [4]. Ukuran keseluruhan Jelly Cup dapat dilihat pada gambar 4.



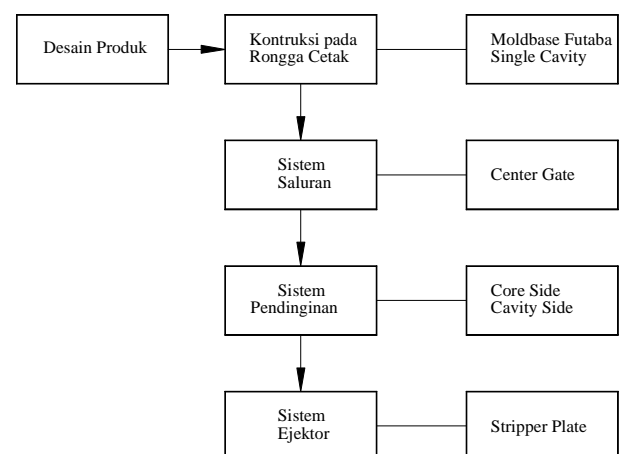
Gambar 4. Ukuran Produk Jelly Cup 100 ml

Tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini secara umum diperlihatkan pada gambar 5.



Gambar 5. Aliran Proses Eksperimental

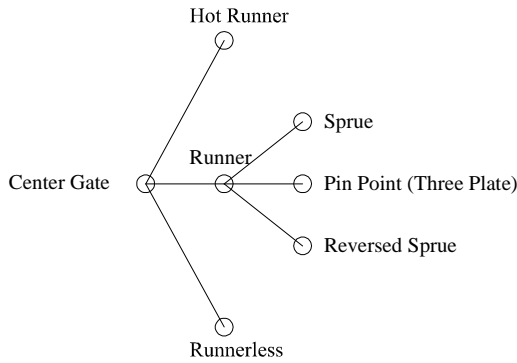
Dalam perancangan cetakan injeksi akan menggunakan alur seperti gambar 6, yang merupakan adopsi dari alur perancangan model Menges/Mohren [5].



Gambar 6. Alur Perancangan Cetakan

Masing-masing tahap akan digali alternatif yang mungkin dan dievaluasi [6], misalnya pada sistem

saluran dibuat pohon klasifikasi konsep seperti gambar 7. Pada Tabel 1 adalah seleksi konsepnya.

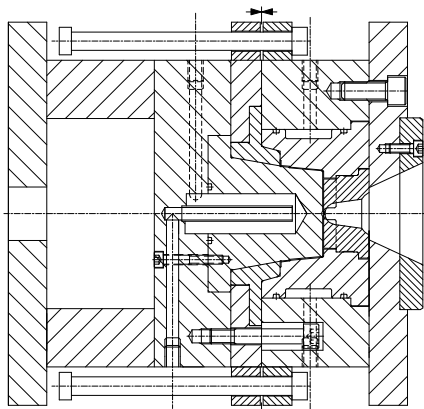


Gambar 7. Pohon Klasifikasi Konsep Sistem Saluran Masuk Plastik

Tabel 1. Seleksi Konsep Sistem Saluran Masuk

Kriteria Seleksi	Konsep				
	Hot Runner	Sprue Gate (Referensi)	Pin Point	Reversed Sprue	Runner less
Mempercepat waktu siklus produksi	+	0	-	+	+
Harga cetakan yang murah	-	0	-	0	0
Dapat menghasilkan produk berkualitas baik	0	0	0	0	-
Tidak ada operasi tambahan pada produk	+	0	+	+	+
Ketahanan pada produksi jangka panjang	0	0	0	0	0
Mempermudah pengerjaan dan perawatan	-	0	-	0	-
Jumlah +	2	0	1	2	2
Jumlah 0	2	6	2	4	2
Jumlah -	2	0	3	0	2
Nilai Akhir	0	0	-2	2	0
Peringkat	2	2	3	1	2

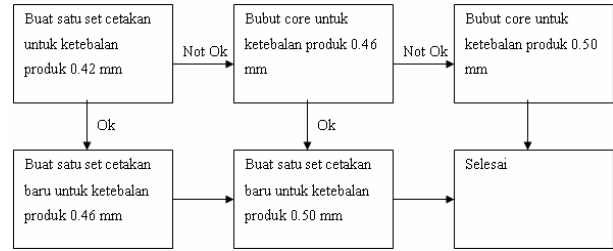
Diharapkan rancangan yang dihasilkan akan dapat mempercepat waktu siklus produksi, menghasilkan produk *thin wall* yang baik, tidak ada operasi sekunder, ketahanan cetakan, kemudahan pengerjaan manufaktur dan perawatan. Hasil akhir desain cetakan terlihat pada gambar 8.



Gambar 8. Desain Akhir Cetakan Jelly Cup 100 ml

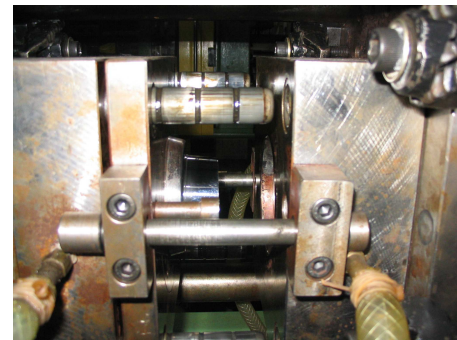
Percobaan eksperimental akan mengikuti alur skenario seperti pada gambar 9, sehingga total akan ada 3 macam ketebalan yaitu: 0.42, 0.46, dan 0.50 mm. Hal ini disebabkan oleh kemampuan pengerjaan bubut, jika kurang dari 0.04 mm sangat

sulit, yang terjadi adalah insert carbide pahat (*tool*) bubut akan menggesek benda kerja (*core*) daripada memotong.



Gambar 9. Diagram Alir Eksperimental

Mesin yang digunakan Arburg 270M yang merupakan mesin standar (bukan *high speed injection machine* yang dilengkapi dengan *accumulator* khusus untuk *thin wall product*), sedangkan bahan PP yang akan digunakan adalah HI10HO produk dari PT. Tripolyta Indonesia (Compliance with FDA regulation 21CFR177.1520).



Gambar 10. Cetakan Jelly Cup 100 ml

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah percobaan eksperimental dilakukan dalam tiga macam ketebalan yaitu: 0.42, 0.46, dan 0.50 mm, hasilnya menunjukkan pada ketebalan 0.46 dan 0.50 mm memungkinkan untuk mencetak produk yang baik, perbedaannya ada pada tekanan injeksi dan waktu siklus. Produk hasil injeksi terlihat pada gambar 11.

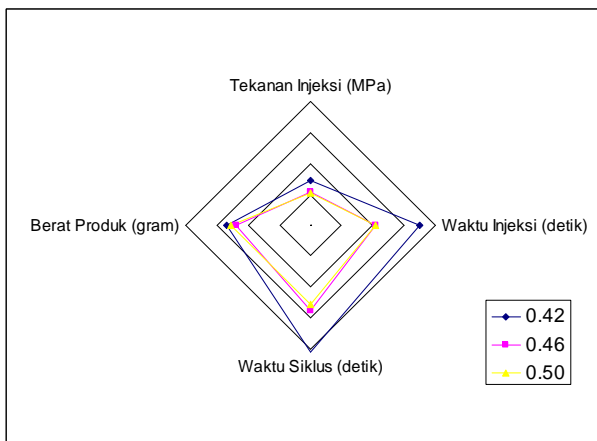


Gambar 11. Hasil Ketebalan Jelly Cup 100 ml

Perbedaan waktu siklus terjadi karena waktu pendinginan dibuat berbeda, hal ini dilakukan akibat produk 0.46 mm yang selalu tertinggal di *cavity (fixed side)* dari cetakan sehingga produk tidak bisa dijatuhkan otomatis dari cetakan. Perlu suatu studi khusus yang melihat apakah fenomena tertinggalnya produk di *cavity* merupakan suatu yang dapat diprediksikan atau tidak, sebagai konsekuensi *thin wall thickness*. Rangkuman hasil percobaan eksperimental ada pada tabel 2.

Tabel 2. Rangkuman Hasil Percobaan

Ketebalan Dinding Nominal (mm)	0.42	0.46	0.50
Kondisi Produk Hasil Injeksi	Short	Baik	Baik
Perbedaan Ketebalan Produk (mm)	-	0.42-0.46	0.47-0.50
Tekanan Injeksi (bar)	1860	1160	1075
Waktu Injeksi (detik)	0.6	0.32	0.32
Waktu Siklus (detik)	7.2	4.5-4.6	4.1-4.2
Berat Produk (gram)	4.4	3.8	4.1



Gambar 12. Grafik Perbandingan Hasil Percobaan Eksperimental

Dari gambar 12 mengenai perbandingan ketiga hasil percobaan eksperimental terlihat bahwa pada ketebalan 0.46 dan 0.50 mm sangat dekat, sedangkan ketebalan 0.42 mm berada paling luar sehingga dapat dieliminir.

Secara keseluruhan hasil percobaan eksperimental memenuhi tujuan untuk mengurangi berat produk dan waktu siklus seperti yang terlihat pada tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan Waktu Siklus dan Berat Produk Jelly Cup Lama dengan yang Baru

	Produk lama 0.6	Produk baru 0.5	Produk baru 0.46
Waktu siklus (s)	5.2-5.3	4.1-4.2	4.5-4.6
Berat produk (g)	4.91	4.1	3.8

Persoalan berikutnya adalah mana yang akan dipilih antara ketebalan 0.46 mm dengan 0.50 mm. Masalah ini bisa dijawab dengan pertimbangan secara ekonomis diantara keduanya.

Perbandingan waktu produksi yang didapatkan per hari adalah :

$$0.50 \text{ mm} \rightarrow 3600/4.2 * 24 = 20.571 \text{ buah produk / hari}$$

$$0.46 \text{ mm} \rightarrow 3600/4.6 * 24 = 18.782 \text{ buah produk / hari}$$

Jadi selisih perhari = 1.789 buah produk (tertinggal 2 jam waktu produksi)

Jika biaya produksi per jam (rate mesin) adalah Rp. 30.000,- maka potensi kerugian untuk mencetak produk tebal 0.46 mm adalah :

$$2 \text{ jam} * \text{Rp. } 30.000,- = \text{Rp. } 60.000,- / \text{hari}$$

Selisih berat produk adalah 0.3 gram, jika asumsi harga bahan PP: 1150 USD / ton dan kurs rupiah Rp. 9.500 / 1 USD maka perbedaan harga per produk adalah Rp. 3,2775.

Potensi kerugian untuk mencetak produk tebal 0.50 mm adalah :

$$20.571 \text{ produk} * \text{Rp. } 3,2775 = \text{Rp. } 67.421,5 / \text{hari}$$

Jadi saat ini secara ekonomis masih lebih menguntungkan mencetak produk dengan ketebalan 0.46 mm, dengan syarat asumsi-asumsi yang berpengaruh tidak berubah karena selisihnya sangat dekat sehingga jika ada yang berubah maka kemungkinannya akan berbalik. Asumsi tersebut adalah rate mesin (yang dipengaruhi oleh biaya investasi, biaya listrik, biaya tenaga kerja, dan sebagainya), harga bahan plastik, dan kurs rupiah [7].

Pengujian *Drop Test* dilakukan untuk menguji ketahanan impak produk, sehingga diketahui apakah perubahan ketebalan ini merupakan hal yang signifikan atau tidak.

Pengujian dilakukan dengan menjatuhkan produk yang sudah terisi jelly dan sudah ditutup pada ketinggian tertentu, kemudian dilihat produknya apakah pecah atau tidak. Percobaan ini mengadopsi standar PBI (*The Plastic Bottle Institute*) bagian dari SPI (*Society of Plastics Industry*), yaitu *Test for Drop Impact Resistance for Plastic Bottles* dengan kode standar PBI 4-1968 rev.2-1988.

Hasil percobaan *drop test* menunjukkan perbedaan ketebalan antara 0.46 mm dengan 0.6 mm tidak menjadi hal yang signifikan. Batas *drop impact resistance* yang mampu ditahan *Jelly Cup* ini ada pada ketinggian 4 ft (1.22 m) baik ketebalan 0.6 maupun 0.46 mm.

Pecahnya produk, seperti gambar 13 jika dilihat lebih merupakan masalah bentuk geometri produk itu sendiri, yaitu adanya bagian kaki yang melemahkan produk terhadap beban impak, demikian pula bagian bibir walaupun pengaruhnya tidak sebesar bagian kaki.



Gambar 13. Pecahnya Jelly Cup Pada Drop Test

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil percobaan ini adalah:

1. Produk Jelly Cup mampu menjadi *thin wall thickness product* dengan *flow length / wall thickness ratio* (L/T) yang didapatkan 58.93/0.46 atau 128.1/1
2. Pada proses pencetakan, waktu siklus (*Cycle Time*) optimum tercapai 4.1 – 4.2 detik pada ketebalan produk 0.50 mm
3. Secara ekonomis, dengan asumsi saat ini, produk Jelly Cup dengan ketebalan 0.46 mm lebih menguntungkan dibandingkan dengan ketebalan 0,50 mm
4. Perubahan ketebalan tidak signifikan terhadap ketahanan impak (*drop impact resistance*) produk

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan PT. Sanitya Utama yang memberikan kesempatan studi lapangan, penggunaan fasilitas, dan diskusi.

Daftar Acuan

- [1] Anon, "Polypropylene for Thin Wall Packaging", Borealis A/S, Denmark, diakses tanggal 30/07/2004 20:48, p.2-4, dari www.borealisgroup.com
- [2] Kuroda, Junichi, "Mold Check for the Improvement Plastic Injection Molding Operations", (1994), dalam Proceeding Technical Seminar in Indonesia, Vol.1,

Jetro's Cooperative Program for Promoting Industrial Association Activities, Jakarta

- [3] Selden, R., "Thin Wall Molding of Engineering Plastics - A Literature Survey", *Journal of Injection Molding Technology*, ed. December, (2000)
- [4] Chandra, Budiman, "Optimasi Produk Plastik Jelly Cup 100 ml Pada Cetakan Injeksi", (2005), Tesis Magister, Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia
- [5] Menges, G. dan Mohren, P., "How to Make Injection Molds", (1986), SPE Books, Hanser Publishers, Munich Vienna New York, p.94-96, p.60-64
- [6] Ulrich, Karl T. dan Eppinger, Steven D., "Perancangan dan Pengembangan Produk", (2001), Salemba Teknika, Jakarta, p.136
- [7] Bernhardt, Anne, "Estimating Methodology", (1998), Technical Paper: Lean Injection Molding Manufacturing, Society of Manufacturing Engineer (SME), Michigan