

PENGARUH *INJECTION TIME* DAN *BACKPRESSURE* TERHADAP CACAT PENYUSUTAN PADA PRODUK KEMASAN TOPLES DENGAN *INJECTION MOLDING* MENGGUNAKAN MATERIAL *POLYSTYRENE*

U. Wahyudi

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta

Abstrak -- Produk kemasan kue atau toples adalah produk rumah tangga yang sangat dibutuhkan untuk menaruh berbagai macam-macam kue kering, Produk plastik ini terdiri dari badan dan tutup, kedua komponen ini pada saat dirakit memerlukan kepresisian yang lumayan bagus oleh karena material yang digunakan plastik, maka faktor penentuan penyusutan (*shrinkage*) memegang peranan sangat penting pada saat dicetak dengan mesin *injection molding* yang menggunakan material *polystyrene*. Pada saat produksi pernah terjadi kegagalan produk *fitting* terlalu kencang dan ada juga *fitting* yang kendor antara tutup dengan badan akibatnya produk tidak lolos produksi oleh *quality control*. Didalam tugas akhir ini penulis melakukan langkah-langkah bagaimana teknik menganalisa cacat penyusutan (*shrinkage*) material plastik terutama di khususkan material *polystyrene* dimulai dari proses *injection molding* lalu diambil sampel produk dengan tingkat pengujian yang berbeda lewat settingan parameter. Dengan waktu injeksi dan *backpressure* yang berbeda-beda akan menghasilkan ukuran produk dan nilai *shrinkage* yang berbeda pula. Nilai temperatur leleh yang baik digunakan untuk material *polystyrene* dengan ketebalan produk kemasan toples 0,75 mm, diameter produk 140,94 mm dan tinggi 58,29 mm. berkisar antara 240°C – 310°C. Cacat penyusutan pada material *polystyrene* pasti ada walaupun tidak sebesar pada material lain seperti PP dan LDPE dan bisa diminimalkan dengan setting parameter proses yang bagus. Nilai *shrinkage* yang baik dan ideal dan sesuai standar terjadi pada settingan *backpressure* 30 kgf/cm² dengan waktu injeksi yaitu 2 detik. Dengan parameter yang konstan, mulai dari *injection speed* 120 cm/s, 65 cm/s. *Injection pressure* 1400 kgf/cm² dan *pack pressure* 1200 kgf/cm², *pack time* 0,5 sec, *Shot size* 55 mm, kemudian *cooling time* 2 detik dengan temperatur mold 60° C.

Kata kunci: material plastik, *injection molding*, *shrinkage*

1. PENDAHULUAN

Saat ini plastik merupakan bahan atau material yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia, sebagai bahan yang sangat mudah didapat, praktis, ringan dan tentu saja modern, Untuk bisa membuat sebuah produk plastik yang sesuai dengan apa yang kita kehendaki tentunya dibutuhkan teknologi yang memadai baik itu dari sisi mesin *injection*, cetakan injeksi, material, metode dan manusia, Dari berbagai macam parameter tersebut, salah satu faktor yang dominan adalah pengaturan parameter setting pada mesin *injection molding*. Di perusahaan tempat saya bekerja misalnya, masih banyak terjadi cacat produk, terutama masalah penyusutan (*shrinkage*) yang mengakibatkan menurunnya jumlah produksi.

Produk plastik yang diteliti adalah produk kemasan toples. Dimana produk ini dicetak dengan mesin *injection molding* yang menggunakan material *polystyrene*. Pada saat produksi pernah terjadi kegagalan produk *fitting* terlalu kendor dan ada juga *fitting* yang kencang atau seret antara tutup dengan badan akibatnya produk tidak lolos produksi oleh *quality control*.

Waktu proses (*cycle time*) pembuatan produk ini bervariasi, tergantung dari berbagai macam parameter yang berpengaruh dalam pembuatan produk tersebut, Dari berbagai macam parameter tersebut, salah satu faktor yang dominan adalah

pengaturan parameter setting pada mesin *injection molding*. Dimana parameter tersebut yang berpengaruh besar terhadap cacat produk *shrinkage*, yaitu *injection time* dan *backpressure*.

Selama ini para teknisi di tempat saya bekerja melakukan setting parameter proses mesin melalui cara *trial and error*, untuk mendapatkan produk yang sesuai standar. Hal ini menyebabkan waktu proses (*cycle time*) kurang optimal. Dengan berkurangnya waktu proses (*cycle time*) maka terjadi peningkatan jumlah produksi dengan biaya produksi yang lebih efisien. Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka masalah yang dapat penulis rumuskan yaitu sejauh mana pengaruh *Injection time* dan *backpressure terhadap* hasil cetak kemasan toples dengan menggunakan proses *injection molding*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk dapat menganalisa pengaruh *injection time* dan *backpressure* ketika proses *injection* terhadap seberapa besar cacat penyusutan yang terjadi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Injection Molding

Secara umum pengertian *injection molding* adalah proses pembentukan suatu benda atau produk dari material plastik dengan bentuk dan ukuran tertentu yang mendapat perlakuan panas dan pemberian tekanan dengan menggunakan alat

bantu berupa cetakan atau *mold*, *Mold* plastik pada prinsipnya adalah suatu alat (*tool*) yang digunakan untuk membuat komponen – komponen dari material plastik dengan sarana mesin cetak plastik, metode dasar plastik *molding* untuk mendapatkan produk yang sesuai dengan sifat-sifat fisik yang diinginkan bentuk desain produk, luas penampang, ketebalan, *insert* yang panjang, tuntutan ukuran (toleransi) yang harus dipenuhi dan pemilihan material merupakan faktor yang berpengaruh.

Proses *injection molding* merupakan proses pembentukan benda kerja dari material *thermoplastic* berbentuk butiran yang ditempatkan kedalam suatu *hopper/torong* dan masuk kedalam silinder *barrel* injeksi yang kemudian didorong oleh mekanisme *screw* melalui *nozzle* mesin dan *sprue bushing* masuk kedalam rongga (*cavity*) cetakan yang sudah pada kondisi tertutup. Setelah beberapa saat didinginkan, *mold* akan dibuka dan produk akan dikeluarkan dengan mekanisme *ejector*. Material yang sangat sesuai adalah material *thermoplastik*, hal ini disebabkan karena pemanasan material ini dapat melunak dan sebaliknya akan mengeras lagi bila didinginkan. Perubahan-perubahan yang terjadi hanya bersifat fisik, jadi bukan perubahan secara kimiawi sehingga memungkinkan mendaur ulang material sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.

Material plastik yang dipindahkan dari silinder pemanas temperature suhunya berkisar antara 175 °C hingga 290 °C. Semakin panas suhunya, plastik material itu akan semakin cair/encer (rendah viskositasnya) sehingga semakin mudah diinjeksikan/disemprotkan masuk kedalam *mold*. Setiap material memiliki karakteristik suhu *molding*. Semakin lunak formulasinya, yang berarti kandungan plastis tinggi, membutuhkan temperature rendah, sebaliknya yang memiliki formulasi lebih keras butuh temperatur tinggi. Bentuk-bentuk partikel yang sulit, besar dan jumlah *cavity* yang banyak serta *runner* yang panjang menyebabkan tuntutan temperatur yang tinggi atau naik. Umumnya, mesin *Injection molding* terdiri dari 4 kesatuan fungsi, yaitu:

- a) *Mold Clamp Unit*,
- b) *Injection Unit*
- c) *Molding Unit*
- d) *Control System*

Setiap unitnya akan dibahas pada keterangan dibawah ini untuk *mold* pada mesin *Injection Molding* sangatlah bervariasi terhadap berbagai produk plastik, sehingga diperlukan *mold* khusus untuk masing-masing produk, tetapi mesin *Injection Molding* dapat dipergunakan untuk berbagai macam *mold* yang berbeda dengan ukuran yang sesuai dengan spesifikasi dimensi pada mesin.

2.2 Mekanisme Mesin *Injection Molding*

Proses *injection molding* dapat diringkas sebagai berikut:

- a) Material plastik yang telah dicampur dengan bahan *pellet* dan pewarna untuk bahan plastik dimasukan kedalam *hopper*. Lalu material plastik akan memasuki rongga plastik pada ulir *screw*.
- b) *Screw* bergerak mundur dan berputar berlawanan dengan arah jarum jam membawa butiran-butiran plastik jatuh dari *hopper*. Biji plastik ini dipanaskan oleh gesekan yang terjadi dan pemanasan tambahan dari *barrel*, sehingga butiran-butiran plastik tersebut meleleh. *Screw* mundur sampai batas yang telah ditentukan (bersamaan dengan material yang maju kedepan bilik *screw*, oleh karena putaran mundur dari *screw* tersebut) dan putaran *screw* tersebut berhenti.
- c) Langkah berikutnya adalah menutup *mold*. Kemudian *screw* didorong maju oleh gerakan piston, mendorong lelehan plastik dari bilik *screw (screw chamber)* melalui *nozzle* masuk kedalam rongga *mold* (dalam tahap ini *screw* hanya bergerak maju saja, tanpa berputar).
- d) Lelehan plastik yang telah diinjeksikan mengalami pengerasan, oleh karena bersentuhan dengan dinding yang dingin dari *mold*. Di bawah pengaruh *holding pressure*, lelehan material dari tekanan *screw* ditambahkan untuk mengimbangi kepadatan volume dari material ketika dingin.
- e) Setelah proses pendinginan dan kekakuan dari produk yang telah dibentuk, *screw* akan mundur untuk melakukan pengisian *barrel*. Pada saat itu clamping unit akan bergerak untuk membuka *mold*. Produk dikeluarkan oleh *ejector* yang telah ada dalam *mold*. Jika *system ejector* semi otomatis, maka *ejector* mendorong produk tetapi tidak sampai keluar dari *mold* sehingga diperlukan tenaga operator untuk mengeluarkan produk.
- f) Setelah produk tersebut keluar/ dikeluarkan oleh *ejector*, maka siap untuk dilakukan penginjekan berikutnya sesuai dengan alur yang telah diuraikan diatas.

2.3 Parameter Proses

Untuk memperoleh benda cetak dengan kualitas hasil yang optimal, perlu mengatur beberapa parameter yang mempengaruhi jalannya proses produksi tersebut. Parameter-parameter suatu proses tentu saja ada yang berperan sedikit dan adapula yang mempunyai peran yang signifikan dalam mempengaruhi hasil produksi yang diinginkan. Biasanya orang perlu melakukan beberapa kali percobaan hingga ditemukan

parameter-parameter apa saja yang cukup berpengaruh terhadap produk akhir benda cetak. Adapun parameter-parameter yang berpengaruh terhadap proses produksi plastik melalui metoda *injection molding* adalah:

a) Temperatur leleh (*melt temperature*)

Melt temperature adalah batas temperatur dimana bahan plastik mulai meleleh kalau diberikan energi panas.

b) Batas tekanan (*pressure limit*)

Pressure limit adalah batas tekanan udara yang perlu diberikan untuk menggerakkan *piston* guna menekan bahan plastik yang telah dilelehkan. Terlalu rendah tekanan, maka bahan plastik kemungkinan tidak akan keluar atau terinjeksi ke dalam cetakan. Akan tetapi jika tekanan udara terlalu tinggi dapat mengakibatkan tersebarnya bahan plastik dari dalam cetakan dan hal ini akan berakibat proses produksi menjadi tidak efisien.

c) Waktu tahan

Waktu Tahan adalah waktu yang diukur dari saat temperatur leleh yang di-set telah tercapai hingga keseluruhan bahan plastik yang ada dalam tabung pemanas benar-benar telah meleleh semuanya. Hal ini dikarenakan sifat rambatan panas yang memerlukan waktu untuk merambat ke seluruh bagian yang ingin dipanaskan. Dikhawatirkan jika waktu tahan ini terlalu cepat maka sebagian bahan plastik dalam tabung pemanas belum meleleh semuanya, sehingga akan memper-sulit jalannya aliran bahan plastik dari dalam *nozzle*

d) Waktu Penekanan

Waktu penekanan adalah durasi atau lamanya waktu yang diperlukan untuk memberikan tekanan pada *piston* yang mendorong plastik yang telah leleh. Pengaturan waktu penekanan bertujuan untuk meyakinkan bahwa bahan plastik telah benar-benar mengisi ke seluruh rongga cetak. Oleh karenanya waktu penekanan ini sangat tergantung dengan besar kecilnya dimensi cetakan (*mold*). Makin besar ukuran cetakan makin lama waktu penekanan yang diperlukan.

e) Temperatur cetakan (*mold temperature*)

Mold Temperature yaitu temperatur pemanasan awal cetakan sebelum dituangi bahan plastik yang meleleh.

f) Kecepatan injeksi (*injection rate*)

Injection rate yaitu kecepatan lajunya bahan plastik yang telah meleleh keluar dari *nozzle* untuk mengisi rongga cetak. Untuk mesin-mesin injeksi tertentu kecepatan ini dapat terukur, tetapi untuk mesin-mesin injeksi sederhana kadang-kadang tidak dilengkapi dengan pengukur kecepatan ini.

g) Backpressure (Tekanan balik)

Backpressure adalah tekanan yang terjadi dan sengaja dibuat atau di *adjust* untuk menahan mundurnya *Screw* pada saat proses *charging* berlangsung. *Backpressure* ini aktif atau diaktifkan pada mode operasi Semi-Auto atau Full-Auto. Bila diaktifkan pada saat Manual *Charging*, maka yang terjadi adalah *Drolling*, yaitu keluarnya material plastik cair dari lubang *Nozzle* tanpa mundurnya *Screw* atau *Screw* mundur tetapi memakan waktu lama untuk mencapai *Shot Size*. *Back Pressure* berfungsi sebagai:

- 1) Pencampuran atau *Mixing* material menjadi lebih baik, *homogen*, kualitas kepadatan material plastik cair lebih baik dan siap untuk proses *injection*.
- 2) *Shot Size* yang konsisten, atau tetap, atau stabil sebagai jaminan untuk *Shot-Shot* berikutnya dengan kondisi yang sama besar Volume materialnya, berat produk, dan dimensi produk yang dihasilkan.
- 3) Pencampuran warna *Pigmen* yang lebih baik.
- 4) Menghilangkan Gas atau udara yang ikut dalam proses *Charging*.

Efek samping *Backpressure* adalah:

- 1) Terjadi peningkatan suhu *Barrel* dari setting suhu yang kita buat.
- 2) Peningkatan waktu *Charging* sehingga *Cycle Time* menjadi lebih panjang.
- 3) Dapat berakibat *Drolling* pada saat *Mold Open*.

2.4 Waktu Proses (*Cycle Time*)

Waktu siklus (*cycle time*) adalah waktu yang dibutuhkan oleh suatu mesin untuk membuat suatu produk. Waktu siklus *injection molding*, terbagi dalam beberapa *phase* yang saling berhubungan yaitu:

a) Closing the mold

Male mold bergerak maju ke arah *female mold* (proses menutupnya *mold*)

b) Injection time

Waktu yang dibutuhkan *screw* untuk menekan material plastik yang telah dilelehkan masuk ke dalam *mold cavity*. *Injection time* ini dipengaruhi oleh *injection stroke*, *injection speed* dan *injection pressure*.

c) Cooling time

Waktu yang diperlukan untuk mendinginkan *mold* dan produk. Pendinginan *mold* sebenarnya sudah berlangsung terus menerus, karena air sebagai media pendingin selalu bersirkulasi, sehingga waktu pendinginan *mold* ini hanya berfungsi selama *mold* sudah terisi material dan diatur bersamaan dengan waktu *holding time*.

2.5 Material Plastik

Istilah plastik mencakup semua bahan yang mampu dibentuk. Dalam pengertian yang lebih luas, plastik mencakup semua bahan sintetik organik yang berubah menjadi plastis setelah dipanaskan dan mampu dibentuk dibawah pengaruh tekanan. Molekul – molekul yang menyusun plastik adalah rantai karbon panjang yang membuat plastik banyak memiliki sifat – sifat yang baik. Pada umumnya material yang tersusun dari molekul rantai panjang disebut *polymer*. Pada dasarnya plastik secara umum digolongkan ke dalam 3 (tiga) macam dilihat dari temperaturnya yakni:

1) Bahan Thermoplastik (*Thermoplastic*)

Adalah polimer yang akan melunak bila dipanaskan dan setelah didinginkan akan dapat mengeras dan menjadi rapuh. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk cetakan yang berbeda sehingga dapat diperoleh produk polimer baru. Polimer termoplastik tidak memiliki sambungan – sambungan antar rantai polimernya. Memiliki struktur molekul linear atau bercabang. Contoh bahan thermoplastik adalah : Polistiren, Polietilen, Polipropilen, Nilon, Plastik fleksiglass dan Teflon. Polimer termoplastik memiliki sifat – sifat khusus sebagai berikut:

- Berat molekul kecil
- Tidak tahan terhadap panas
- Jika dipanaskan akan melunak
- Jika didinginkan akan mengeras
- Fleksibel
- Mudah diregangkan
- Titik leleh rendah
- Dapat dibentuk ulang

2) Bahan Thermosetting (*Thermosetting*)

Polimer thermosetting adalah polimer *network*. Mereka menjadi keras secara permanen selama pembentukannya dan tidak melunak ketika dipanaskan. Polimer *network* mempunyai *crosslink* kovalen di antara rantai polimer yang berdekatan. Selama pemanasan, ikatan ini mengikat rantai polimer menjadi satu untuk menahan gerakan vibrasi dan rotasi rantai pada temperature tinggi. Hal inilah yang menjadi penyebab mengapa material tidak melunak ketika dipanaskan. *Crosslink* biasanya dominan, 10 hingga 50% unit pengulangan rantai mengalami *crosslink*. Hanya pemanasan yang berlebih yang akan menyebabkan beberapa ikatan *crosslink* dan polimer itu sendiri mengalami degradasi.

Polimer termoset biasanya lebih keras dan kuat daripada termoplastik dan mempunyai stabilitas dimensional yang lebih baik. Kebanyakan polimer *crosslink* dan *network* termasuk vulcanized rubbers, epoxies, dan

phenolics and beberapa resin polyester adalah thermosetting. Contoh bahan thermosetting adalah: Bakelit, Silikon dan Epoksi. Polimer thermosetting adalah polimer *network*. Mereka menjadi keras secara permanen selama pembentukannya dan tidak melunak ketika dipanaskan.

3) Bahan *Elastomer*

Polimer Elastomer yaitu bahan yang sangat elastis. Contoh bahan elastis adalah: karet sintesis. Polimer memiliki beberapa karakteristik untuk menggambarkan sifat fisik dan sifat kimianya. Sifat-sifat tersebut akan mempengaruhi aplikasi penggunaan polimer tersebut.

2.6 Penyusutan / *Shrinkage*

Material – material thermoplast dan thermosets tersebut dibentuk dengan proses pencetakan, dimana pada proses tersebut akan terjadi proses perubahan bentuk dan proses penyusutan. Dan semua material plastik akan mengalami proses penyusutan selama proses pendinginan di dalam dan luar cetakan, penyusutan ini akan menyebabkan ukuran-ukuran produk yang dihasilkan mengalami perubahan – perubahan dengan besaran yang sangat variatif, untuk mengantisipasi hal tersebut dapat dilakukan dengan cara menambahkan ukuran yang akan dibuat dicetakan injeksi, namun sebelumnya harus diketahui dulu material plastik yang digunakan dan karakteristiknya, baru dapat ditentukan penambahan ukuran. Penyusutan material plastik yang terjadi akan saling tarik menarik antara dinding yang satu dengan dinding yang lainnya, antar kontur atau bentuk produk, sehingga banyak faktor yang dapat mempengaruhi proses ini. Adapun faktor-faktor yang dapat mempengaruhi penyusutan adalah:

- *Material type*, jenis material plastik yang digunakan menjadi faktor utama pada saat perancangan cetakan plastik, karena setiap material plastik memiliki penyusutan yang berbeda-beda.
- *Wall Thickness*, ketebalan dinding produk semakin besar tingkat penyusutan akan semakin besar pula (*sinkmark*)
- *Product contour*, semakin banyak kontur dapat mengurangi proses penyusutan, karena dapat menahan laju penyusutan produk.
- *Cooling time process*, waktu proses pendinginan didalam dan diluar mold.
- *Cooling channel and circulation*, jalur sirkulasi proses media pendinginan, semakin banyak jalur cooling akan mempercepat laju penyusutan.

Plastik merupakan bahan yang tergantung pada perubahan suhu. Penyusutan terjadi akibat

perubahan densitas dari temperatur proses ke temperatur ruang.

2.7 Processing Shrinkage

Seluruh perubahan ukuran dapat terjadi dalam 24 jam setelah produksi. Sehingga apabila kita ingin menghitung nilai *shrinkage*, kita harus mendinginkan dahulu produk selama 24 jam pada suhu ruang. Rumus untuk menghitung nilai *shrinkage*:

$$S = \frac{L_m - L_p}{L_m} \times 100 (\%)$$

dimana:

- S = nilai *shrinkage*/penyusutan
- L_m = ukuran panjang mold
- L_p = ukuran panjang produk

Sebagai contoh, jika kita menggunakan mold dengan ukuran panjang (L_m) = 95 mm, dan mendapatkan ukuran produk dengan panjang (L_p) = 93 mm. Nilai *Shrinkage* (S) = ((95-93) / 95) x 100 % = 2,1 %

3. METODE PENELITIAN

3.1 Identifikasi Masalah

Pada tahap awal ini penulis melakukan studi lapangan yang dilakukan langsung pada mesin *injection* fanuc roboshot S2000iB dan cetakan injeksi (*mold*) kemasan toples guna untuk mengidentifikasi kegagalan yang sering timbul pada saat *massproduction* produk kemasan toples tersebut. Dari kegagalan yang ada terlihat jelas bahwa sering terjadi antara *fitting* tutup dan badan seret atau susah dipasang dan juga *fitting* antar tutup dan badan kelonggaran, akibat dua masalah tersebut produk dianggap *reject* oleh *quality control*, belajar dari kegagalan tersebut, dapat dianalisa bahwa ukuran atau dimensi yang akurat dapat menurunkan tingkat kegagalan tersebut. Semakin akuratnya ukuran atau toleransi antara badan dan tutup kemasan toples maka kemungkinan masalah *fitting* seret dan kelonggaran pada badan dan tutup kemasan toples akan semakin kecil.

Terkait dengan itu, penulis menilai bahwa ada satu faktor yang berpengaruh terhadap penyusutan (*shrinkage*). *Shrinkage* di definisikan sebagai perbedaan antara dimensi produk cetakan dengan dimensi cetakan di ukur pada temperature kamar atau ruang.

3.2 Pengambilan Data

Hasil pengamatan yang dilakukan secara langsung diolah dan dikelompokkan menjadi data dalam bentuk tabel.

3.3 Pengolahan Data

Hasil percobaan diatas di analisa apakah terjadi cacat penyusutan atau tidak, tentu tidak terlepas dari pengukuran suatu panjang *mold* pada produk tersebut. Setelah itu membandingkan dengan panjang produk yang telah jadi, apakah ada selisih diantara keduanya dan bila terdapat selisih maka terjadi cacat penyusutan.

3.4 Analisis Data

Pada tahap ini penulis melakukan analisa terhadap data yang telah didapat, dihitung dan disajikan dalam bentuk grafik untuk mengetahui nilai mana yang rendah dan nilai mana yang tinggi.

3.5 Data Produk Spesifikasi Material

Data aktual produk toples dikumpulkan dari hasil observasi langsung di lapangan dari departemen produksi. Data sebagai berikut:

- *Family name* : Polystyrene (PS)
- *Trade name* : Styron 666 H
- *Manufacture* : PT DOW CHEMICAL
- *Family abbreviation*: High Impact Polystyren (HIPS)
- *Temp in machine* : 210 °C – 320 °C
- *Melt Flow Rate* : 8 g /10 min
- *Melting Point* : 240 °C
- *Tensile Strengt at yield*: 48 MPa
- *Flexural Modulus*: 3,103 MPa

3.6 Data Spesifikasi Mesin Injection

Data spesifikasi teknis mesin *injection* yang digunakan didalam produksi plastik toples dikumpulkan dari hasil *observasi* langsung dari departemen *Maintenance*. Data sebagai berikut:

- *Merk Mesin Injection* : FANUC ROBSHOT S-2000i 100B
- *Power of Heater* : 8.4 kw
- *Clamping Mechanisme*: Toggle Mechanism
- *Max clamping Force* : 100 Ton
- *Clamp stroke* : 350 mm
- *Screw Diameter* : 32 mm
- *Max Injection Press* : 220 Mpa
- *Max Injection Volume* : 76 cm³
- *Max Injection Rate* : 265 cm³/s
- *Die Height(max-min)* : 450 – 150 mm
- *Tie bar distance (HXV)*: 160 X 410 mm

3.7 Data Reject dan Produk Toples

Data *reject* dari produk toples yang diproduksi periode bulan April sampai dengan bulan Juli 2014 berdasarkan laporan sasaran mutu departemen produksi sebagai berikut:

| NO | Reject Produksi | Qty (pcs) | % |
|---------------------|-----------------|--------------|--------|
| 1 | Fitting kendor | 2,055 | 27.48% |
| 2 | Scracth | 1,003 | 13.41% |
| 3 | Flashing | 1,059 | 14.16% |
| 4 | Black dot | 1,536 | 20.54% |
| 5 | Short-shot | 1,824 | 24.39% |
| TOTAL REJECT | | 7,477 | |

3.8 Data jenis defect

Data jenis *defect* dikumpulkan dari data hasil wawancara. Wawancara yang dilakukan pada bagian produksi dan bagian *quality control* dilakukan untuk lebih mengetahui tentang jenis *defect* yang dianggap oleh management memang sering terjadi:

- *Short Shot* adalah *defect visual* kondisi dimana produk tidak jadi sempurna ditandai dengan tidak penuhnya produk plastik. *defect* ini biasanya terjadi akibat terlalu cepat waktu *filling injection* atau *injection stroke* kurang.
- *Black dot* adalah *defect visual* yang ditandai adanya bintik yang merekat pada permukaan produk. *Defect* ini biasanya terjadi karena material dasarnya terkontaminasi oleh kotoran.
- *Flashing* adalah *defect visual* yang ditandai oleh adanya tumpahan material plastik melebihi dari *cavity*, sehingga untuk memperbaikinya harus melalui proses pemotongan plastik yang berlebih.
- *Shrinkage* adalah *defect visual* yang ditandai oleh *fitting* antar badan dan tutup menjadi kendur atau seret. *defect* ini biasanya terjadi dipengaruhi oleh parameter proses setting mesin *injection*, tipe material, kontur produk, ketebalan dinding produk, proses pendinginan diluar dan didalam cetakan.

- *Scracth* adalah *defect visual* yang ditandai dengan adanya goresan pada permukaan produk. *defect* ini biasanya dipengaruhi oleh kualitas polishing permukaan *cavity* dan *core mold*.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam menganalisa suatu produk apakah terjadi cacat penyusutan atau tidak, tentu tidak terlepas dari pengukuran suatu panjang mold pada produk tersebut. Setelah itu membandingkan dengan panjang produk yang telah jadi, apakah ada selisih diantara keduanya dan bila terdapat selisih maka terjadi cacat penyusutan. Cacat penyusutan/ *shrinkage* ini dapat diketahui besar kecilnya dengan perhitungan. Misalkan perhitungan dengan temperatur 240 – 310 °C yang menggunakan *injection time* 1 detik, 1,5 detik dan 2 detik dan *backpressure* 20 kgf/cm², 30 kgf/cm² dan 40 kgf/cm².

a) Perhitungan I

Waktu injeksi 1 detik dengan *backpressure* 20 kgf/cm² dan temperatur leleh 240 – 310°C.

$$S = \frac{58,29 - 57,71}{58,29} \times 100 (\%),$$

$$S = 0,99\%$$

b) Perhitungan II

Waktu injeksi 1.5 detik dengan *backpressure* 30 kgf/cm² dan temperatur leleh 240 – 310°C.

$$S = \frac{58,29 - 57,86}{58,29} \times 100 (\%),$$

$$S = 0,73\%$$

c) Perhitungan III

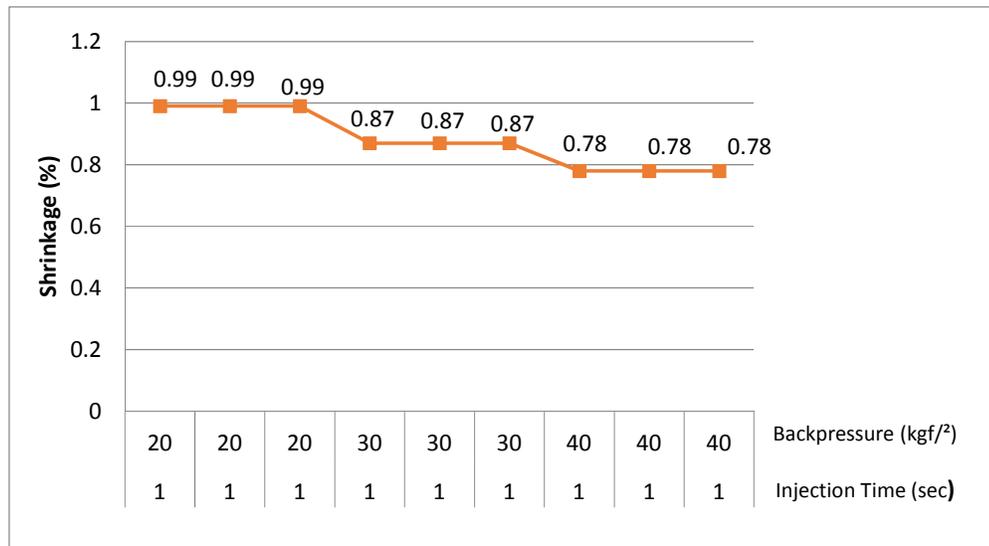
Waktu injeksi 2 detik dengan *backpressure* 40 kgf/cm² dan temperatur leleh 240 – 310°C.

$$S = \frac{58,29 - 58,04}{58,29} \times 100 (\%),$$

$$S = 0,42\%$$

4.1 Hasil Data Pengujian I

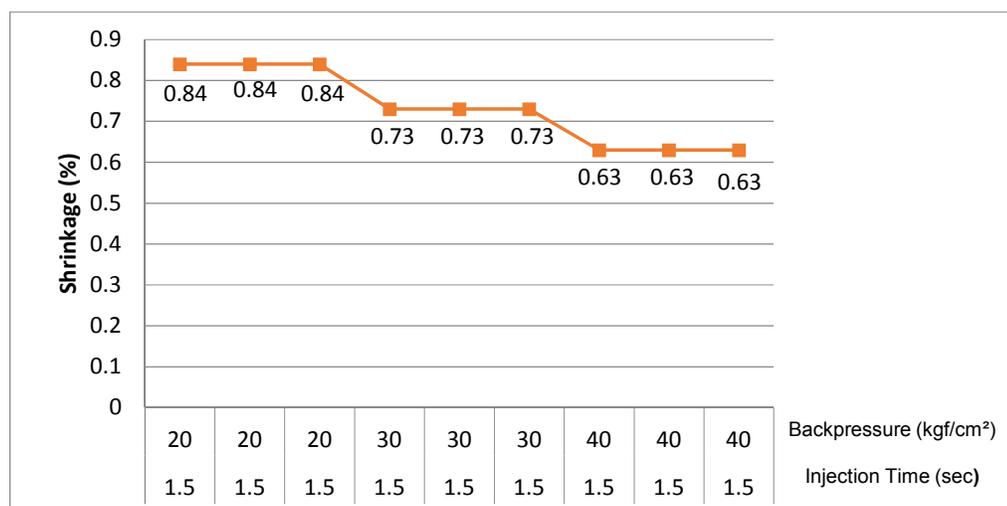
| DATA PENGUJIAN I | | | | | |
|------------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------|-------|-----------|
| No | Waktu Injeksi (sec) | Backpressure (kgf/cm ²) | Temp Leleh (°C) | Lp | Shrinkage |
| | | | | (mm) | (%) |
| 1 | 1 | 20 | 240 - 310 | 57,71 | 0.99 |
| 2 | 1 | 20 | 240 - 310 | 57,71 | 0.99 |
| 3 | 1 | 20 | 240 - 310 | 57,71 | 0.99 |
| 4 | 1 | 30 | 240 - 310 | 57,78 | 0.87 |
| 5 | 1 | 30 | 240 - 310 | 57,78 | 0.87 |
| 6 | 1 | 30 | 240 - 310 | 57,78 | 0.87 |
| 7 | 1 | 40 | 240 - 310 | 57,83 | 0.78 |
| 8 | 1 | 40 | 240 - 310 | 57,83 | 0.78 |
| 9 | 1 | 40 | 240 - 310 | 57,83 | 0.78 |



Gambar 4.1 Grafik Hubungan antara *Backpressure* dengan *Shrinkage* menggunakan waktu injeksi 1 detik

4.2 Hasil Data Pengujian II

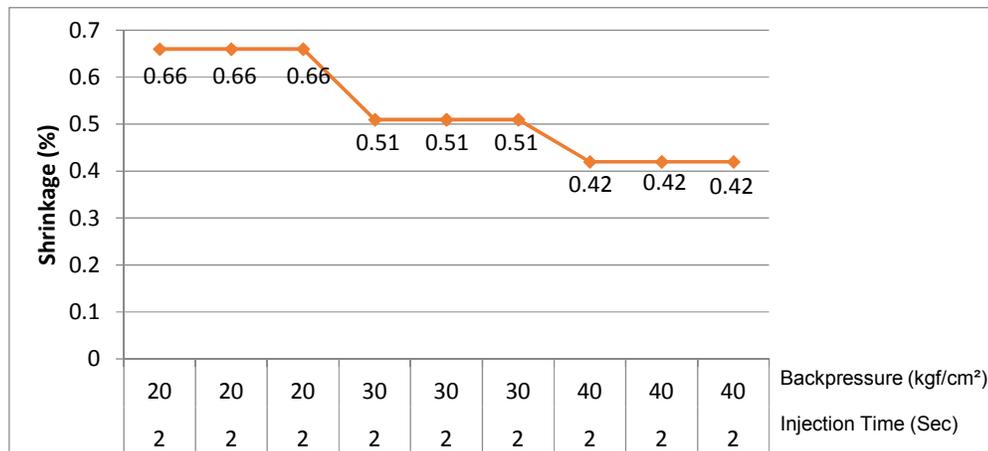
| DATA PENGUJIAN II | | | | | |
|-------------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------|-------|-----------|
| No | Waktu Injeksi (sec) | Backpressure (kgf/cm ²) | Temp Leleh (°C) | Lp | Shrinkage |
| | | | | (mm) | (%) |
| 1 | 1.5 | 20 | 240 - 310 | 57,80 | 0.84 |
| 2 | 1.5 | 20 | 240 - 310 | 57,80 | 0.84 |
| 3 | 1.5 | 20 | 240 - 310 | 57,80 | 0.84 |
| 4 | 1.5 | 30 | 240 - 310 | 57,86 | 0.73 |
| 5 | 1.5 | 30 | 240 - 310 | 57,86 | 0.73 |
| 6 | 1.5 | 30 | 240 - 310 | 57,86 | 0.73 |
| 7 | 1.5 | 40 | 240 - 310 | 57,92 | 0.63 |
| 8 | 1.5 | 40 | 240 - 310 | 57,92 | 0.63 |
| 9 | 1.5 | 40 | 240 - 310 | 57,92 | 0.63 |



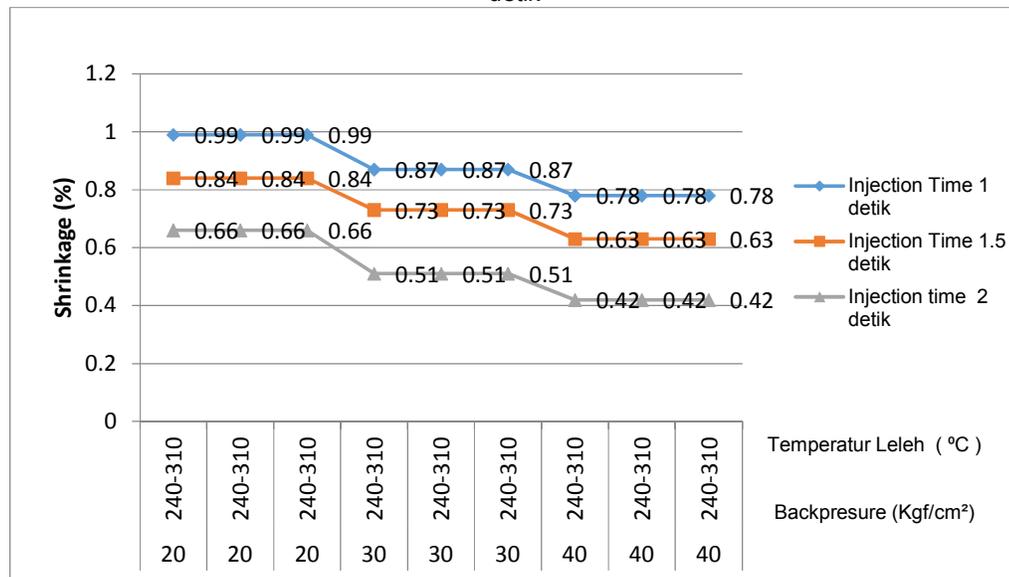
Gambar 4.2 Grafik Hubungan antara *backpressure* dengan *Shrinkage* menggunakan waktu injeksi 1,5 detik

4.3 Hasil Data Pengujian III

| DATA PENGUJIAN III | | | | | |
|--------------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------|-------|-----------|
| No | Waktu Injeksi (sec) | Backpressure (kgf/cm ²) | Temp Leleh (°C) | Lp | Shrinkage |
| | | | | (mm) | (%) |
| 1 | 2 | 20 | 240 - 310 | 57,90 | 0.66 |
| 2 | 2 | 20 | 240 - 310 | 57,90 | 0.66 |
| 3 | 2 | 20 | 240 - 310 | 57,90 | 0.66 |
| 4 | 2 | 30 | 240 - 310 | 57,99 | 0.51 |
| 5 | 2 | 30 | 240 - 310 | 57,99 | 0.51 |
| 6 | 2 | 30 | 240 - 310 | 57,99 | 0.51 |
| 7 | 2 | 40 | 240 - 310 | 58,04 | 0.42 |
| 8 | 2 | 40 | 240 - 310 | 58,04 | 0.42 |
| 9 | 2 | 40 | 240 - 310 | 58,04 | 0.42 |



Gambar 4.3 Grafik Hubungan antara *Backpressure* dengan *Shrinkage* menggunakan waktu injeksi 2 detik



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Waktu Injeksi, *Backpressure*, temperatur leleh dan cacat penyusutan

Mesin *injection* yang digunakan adalah type *Fanuc Roboshot* dengan tonase 100 Ton diameter *screw* Ø 32 mm dan putaran motor *screw* mesin 400 rpm. Dalam pengujian pertama ini diambil waktu injeksi 1 detik dengan *backpressure* 20 kgf/cm² dengan temperature 240 °C - 310°C. Dengan parameter yang konstan, mulai dari *injection speed* 120 cm/s, 65 cm/s. *Injection pressure* 1400 kgf/cm² dan *pack pressure* 1200 kgf/cm², *pack time* 0,5 sec, *Shot size* 55 mm, kemudian *cooling time* 2 detik dengan temperatur *mold* 60° C. Untuk mengetahui seberapa besar cacat penyusutan yang terjadi pada pengujian pertama ini maka bisa diketahui dengan menghitung presentasi *shrinkage*-nya.

Dari hasil grafik dengan waktu injeksi 1 detik dan *backpressure* 20 kgf/cm² diatas, cacat penyusutan dipengaruhi oleh *backpressure* dan waktu injeksi serta temperature leleh material plastik. Dimana hubungan ketiga parameter proses tersebut dengan cacat penyusutan berbanding lurus, dengan kata lain semakin kecil *backpressure* dan waktu injeksi maka semakin tinggi tingkat penyusutannya. Hal ini disebabkan karena waktu injeksi yang singkat hanya 1 detik dan waktu tahan hanya sebesar 0.5 detik dan pendinginan yang relative singkat maka produk akan mengalami deformasi atau perubahan bentuk saat dikeluarkan dari cetakan.

Dalam kondisi yang panas pergerakan molekul resin cenderung lebih cepat, hal ini yang menyebabkan penyusutan lebih besar jika dibandingkan dengan produk yang saat keluar dari cetakan dalam kondisi dingin karena pergerakan molekul *resin*-nya cenderung lambat sehingga penyusutannya lebih kecil.

Produk kemasan toples ini mempunyai ketebalan standar 0,75 mm, temperatur yang tinggi biasanya digunakan untuk mempercepat pengisian material kedalam rongga cetakan karena semakin tinggi suhunya maka semakin rendah viskositasnya. Selain itu tekanan injeksi (*inject pressure*) dan kecepatan injeksi (*inject speed*) yang digunakan juga semakin rendah. Tapi hal ini berdampak pada penyusutan produk yang semakin besar.

Pada pengujian kedua, dari grafik terbaca ada kecenderungan *shrinkage* berbanding lurus dengan waktu injeksi dan *backpressure*. Jika dibandingkan dengan nilai *shrinkage* pada pengujian I, maka nilai *shrinkage* pada pengujian II ini lebih kecil pada settingan temperatur yang sama. Pada settingan temperatur leleh 240 – 310°C dengan waktu injeksi 1 detik dan *backpressure* 20 kgf/cm² nilai *shrinkage*-nya 0,99%, pada temperature leleh yang sama dengan waktu injeksi 1 detik dan *backpressure* 30 kgf/cm² nilai *shrinkage*-nya 0,87 %. Dan waktu injeksi 1 detik dan *backpressure* 40 kgf/cm² nilai *shirkage*-nya 0,78 %, sedangkan pada pengujian

ke II pada temperatur leleh yang sama 240°C-310°C dengan waktu injeksi 1,5 detik dan *backpressure* 20 kgf/cm² nilai *shrinkage*-nya 0,84%, pada temperatur yang sama dengan waktu injeksi 1,5 detik dan *backpressure* 30 kgf/cm² nilai *shrinkage*-nya 0,73%, dan waktu injeksi 1,5 detik dan *backpressure* 40 kgf/cm² nilai *shrinkage*-nya sebesar 0,63%, Sehingga dapat diketahui dengan waktu injeksi yang lama dan *backpressure* yang relative besar maka akan mengurangi cacat produk yang disebabkan oleh penyusutan dikarenakan produk semakin kokoh atau ada kecenderungan produk lebih padat maka cacat penyusutan lebih bisa diminimalkan.

Dalam pengujian III ini jika dibandingkan dengan pengujian I dan II maka nilai *shrinkage* pada pengujian III lebih kecil pada settingan temperatur yang sama 240°C – 310°C dengan waktu injeksi 2 detik dan *backpressure* 20 kgf/cm² nilai *shrinkage*-nya berkisar antar 0.66%, pada temperature yang sama dengan waktu injeksi 2 detik dan *backpressure* 30 kgf/cm² nilai *shrinkage*-nya 0,51%, dan waktu injeksi 2 detik dan *backpressure* 40 kgf/cm² nilai *shrinkage*-nya sebesar 0,42%, Sehingga dapat diketahui dengan waktu injeksi yang lama dan *backpressure* yang besar maka akan mengurangi cacat produk yang disebabkan oleh penyusutan tetapi ada kecenderungan produk dianggap *reject* karena operator akan kesulitan memasang tutup ke badan karena terlalu kencang pada saat pemasangannya.

Penyimpangan yang terjadi pada pengujian cacat penyusutan ini terlihat cukup bagus, karena semakin singkat waktu injeksi dan semakin kecilnya *backpressure* yang digunakan maka semakin besar cacat penyusutan itu terjadi dibandingkan dengan waktu injeksi yang lama dan *backpressure* yang lebih besar. Pengujian satu menghasilkan data penyimpangan sebesar 0,0111 pada pengujian kedua sebesar 0,0655 dan pengujian ketiga sebesar 0,00147.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembuatan tugas akhir ini dapat di simpulkan sebagai berikut:

- 1) Diantara parameter proses *injection molding* yang ada cacat penyusutan sangat dipengaruhi oleh waktu injeksi, *backpressure* dan temperature leleh, terlihat dari hasil pengujian I, II dan III dan dari data rekapitulasi *reject* periode bulan April s/d Juli 2014 terlihat bahwa cacat *fitting* kendor atau *shrinkage* menduduki peringkat teratas untuk *defect* produk dengan persentase 27,48%.
- 2) Berdasarkan rekapitulasi *reject*, cacat penyusutan (*fitting* kendor) terjadi pada saat

proses setting awal produk toples dikarenakan tidak menggunakan data setting yang sudah distandarkan dan masih melakukan *trial and error*.

- 3) Nilai penyusutan yang baik dan ideal sesuai standar terjadi pada settingan *backpressure* 30 kgf/cm² dengan waktu injeksi yaitu 2 detik dengan temperatur leleh berkisar 240°C - 310°C.

5.2 Saran

Adapun saran dari analisa ini adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk menghindari *reject* cacat penyusutan sebaiknya pada saat setting awal produk plastik toples harus menggunakan data setting yang sudah distandarkan, supaya cacat penyusutan bisa dihindari dan waktu setting awal produk lebih efisien.
- 2) Sebaiknya jangan menggunakan waktu injeksi yang terlalu cepat dan *backpressure* yang kecil pada produk kemasan toples dengan material *polysterene*, karena dapat menimbulkan cacat penyusutan yang relative besar karena akan berpengaruh terhadap *fitting* antara badan dan tutup menjadi kendur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Akay, H. U., 2003, *Prediction of Shrinkage in Plastic Injected Parts Due to Cooling*, Computer-Aided Engineering Analysis.
- [2]. Garnadi, B., 2008 "Biggy Plastics Handsboox"
- [3]. Moerbani, J., 1999, *Plastic Moulding*, Diktat Kuliah, Akademi Teknik Mesin Industri (ATMI) Surakarta.
- [4]. Nakazawa, M., 2010, *Mold Basic Design textbook*, Jakarta.
- [5]. Arya, 2009. *Plastic Injection Molding Course*. URL: <http://arya20.webs.com/apps/blog/> Diakses tanggal 2 September 2014.
- [6]. Anif. 2007. *Injection Molding dan Penerapannya Di Industri Manufaktur*. URL: http://anifmaterial.blogspot.com/2007_01_01_archive.html. Diakses tanggal 15 Agustus 2014.
- [7]. Grouptelu. 2010. *Penyusutan Bahan (Shrinkage)*. URL: <http://desainmold.blogspot.com/2010/02/penyusutan-bahan-shrinkage.html#>. Diakses tanggal 2 September 2014.
- [8]. PT Biggy Cemerlang, (<http://www.biggy.co.id>), diakses tanggal 15 Agustus 2014).
- [9]. Mujiarto, Imam. 2005. *Sifat Dan Karakteristik Material Plastik Dan Bahan Aditif*. URL: <http://mesinunimus.files.wordpress.com/2008/02/sifat-karakteristik-material-plastik.pdf>. Diakses tanggal 2 September 2014.
- [10]. Wijaya, Hadi. 1998. *Proses Injeksi Plastik*. URL: <http://injeksiplastik.blogspot.com/2009/11/proses-injeksi-plastik.html>. Diakses tanggal 20 Agustus 2014.
- [11]. Yoriwe, Taufik. 2013. *Definisi Plastik Injection Molding*. URL: <http://taufik-yoriwe.blogspot.com/2013/02/definisi-plastic-injection-molding.html>. Diakses tanggal 26 Agustus 2014.