

Studi Eksperimental Pengaruh Parameter Proses Pencetakan Bahan Plastik Terhadap Cacat Penyusutan (Shrinkage) Pada Benda Cetak *Pneumatics Holder*

Firdaus

Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya
Email : ffirdauss@yahoo.com

Soejono Tjitro

Dosen Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra
Email : stjtro@peter.petra.ac.id

Abstrak

Akurasi dimensi yang dibutuhkan bagi benda cetak *pneumatics holder* yang berfungsi sebagai dudukan katup-katup atau komponen pneumatik lainnya tergolong cukup tinggi. Untuk itu diperlukan desain proses yang baik agar hasil cetakan dapat memenuhi syarat fungsionalitas. Proses yang baik tentu saja harus mempertimbangkan parameter proses yang sesuai sehingga hasil yang diharapkan dapat terpenuhi.

Studi eksperimental ini melakukan percobaan pembuatan produk *pneumatics holder* dengan memvariasikan beberapa parameter proses pada mesin *injection moulding* yang ada. Parameter proses meliputi: temperatur leleh (melting point), tekanan udara (air pressure), waktu penahanan (holding time), dan waktu penekanan (pressure duration).

Hasil studi menunjukkan bahwa pemilihan parameter yang tepat sangat berpengaruh terhadap hasil benda cetak yang diinginkan, sehingga perlu dicari parameter terbaik untuk setiap benda cetak berdasarkan jenis bahan baku plastik yang ada. Selain itu, parameter temperatur leleh sangat signifikan pengaruhnya terhadap cacat *shrinkage*.

Kata kunci: cacat penyusutan, pencetakan tekan, plastik.

Abstract

Pneumatics holder which supports all pneumatics components requires high tolerance in dimension. Therefore, perfect design process which means accurate process parameter selection will enable us to produce as cast holder as required.

This experimental study is to produce pneumatics holder by combining several process parameters on injection moulding machine, such as : melting point, air pressure level, holding time and pressure duration.

The results show that the process parameter significantly influence the as cast holder product as required, so that the process parameter selected should be in accordance with the raw plastic material available.

Keywords: *shrinkage defect, injection molding, plastic.*

1. Pendahuluan

Pada masa sekarang, plastik mulai banyak diminati masyarakat. Hal ini selain disebabkan faktor kebutuhan yang makin menuntut efisiensi dimana-mana, juga adanya kemajuan teknologi, baik kemajuan teknologi dalam bidang rekayasa material maupun teknologi manufaktur dari material itu sendiri.

Dalam konteks ini, kekurangan sifat plastik yang ada sekarang sudah dapat dieliminir sehingga secara perlahan-lahan plastik mulai menggantikan peranan besi atau baja yang selama ini mendominasi proporsi dalam suatu mesin/peralatan.

Sifat plastik yang paling menonjol saat ini adalah sifat mampu bentuknya (*formability*) yang lebih baik dibanding baja. Selain itu daya redam plastik juga lebih baik selain beratnya yang lebih ringan.

Pneumatics holder yang ada selain berfungsi menopang katup-katup pneumatik dan kom-

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Februari 2003. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 5 Nomor 1 April 2003.

ponen pneumatik lainnya, juga berfungsi untuk meredam getaran yang diakibatkan oleh gerakan bolak-balik dari silinder pneumatik.

Sesuai fungsinya di atas, maka *pneumatics holder* ini perlu dibuat dengan ukuran dengan tingkat ketelitian yang tinggi serta proses yang baik agar dapat menjalankan fungsinya dengan tingkat kegagalan yang sekecil mungkin.

Pneumatics holder yang ada terbuat dari bahan plastik dan diproses dengan metode *injection molding*. Berdasarkan data kegagalan yang ada, terlihat jelas bahwa sering terjadi kelonggaran antara ukuran diameter luar *holder* dengan rumahnya. Hal ini cenderung mendorong terjadinya kelonggaran antara *holder* dengan rumahnya. Akibat longgar tersebut akhirnya *holder* akan mendapat gaya kejutan secara terus menerus, sehingga komponen pneumatik bekerja tidak semestinya.

Belajar dari kegagalan tersebut, dapat dianalisa bahwa ukuran atau dimensi yang akurat dapat menurunkan tingkat kegagalan tersebut. Karena semakin akuratnya ukuran/toleransi antara *holder* dengan rumahnya, maka kemungkinan terjadinya kelonggaran antara *holder* dengan rumahnya pun akan menjadi lebih kecil. Terkait dengan itu, makalah ini mencoba menganalisa satu faktor yang berpengaruh terhadap akurasi tersebut dalam proses pembuatannya, yaitu penyusutan (*shrinkage*).

Studi eksperimental ini mencoba meneliti sejauh mana pengaruh parameter proses yang terpilih terhadap adanya penyusutan pada produk *pneumatics holder* tersebut. Diharapkan dengan hasil ini akan diperoleh hubungan antara pemilihan parameter terhadap kualitas hasil/produk *pneumatics holder*

2. Teori Dasar

2.1 Jenis-jenis plastik

Plastik adalah bahan sintesis yang dapat diubah bentuknya serta dapat juga dipertahankan dan diperkeras dengan cara menambahkan material lain secara komposit kedalamnya. Walaupun secara umum sifat plastik adalah kurang kuat dan kaku dibanding logam pada umumnya, akan tetapi rasio kekuatan dan berat (*strength to weight ratio*) serta kekakuan terhadap berat (*stiffness to weight ratio*) lebih baik dibanding logam pada umumnya.

Plastik secara umum digolongkan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu: *thermoplastics*, *thermosetting* dan *elastomer*. *Thermoplastik (thermoplastics)* merupakan jenis plastik yang akan

melunak jika dipanaskan dan mengeras apabila didinginkan. Contoh bahan *thermoplastik* antara lain: poliethilin, polipropilin, dan PVC (polivinyl Chlorida). Plastik *thermosetting* akan mengeras bila dipanaskan dan tidak dapat didaur ulang (*recycle*). Contoh plastik *thermosetting* adalah: bakelit, silikon, *epoxy* dan lain-lain. Jenis ketiga dari bahan plastik adalah *elastomer*. *Elastomer* berasal dari kata *elastic* dan *mer*. Jenis plastik ini mempunyai sifat seperti karet. *Elastomer* pertama kali ditemukan oleh *Charles Goodyear* pada tahun 1839.

2.2 Proses produksi bahan plastik

Secara umum teknologi pemrosesan plastik banyak melibatkan operasi yang sama seperti proses produksi logam. Plastik dapat dicetak, dituang, dan dibentuk serta diproses permesinan (*machining*) dan disambung (*joining*). Bahan baku plastik banyak dijumpai dalam bentuk *pellet* atau serbuk. Plastik juga tersedia dalam bentuk lembaran, plat, batangan dan pipa. Metode pemrosesan plastik dapat dilakukan dengan cara: ekstrusi, *injection molding*, *casting*, *thermoforming*, *blow molding* dan lain sebagainya.

2.2.1 *Injection molding*

Sebagaimana dijelaskan diatas bahwa *injection molding* merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan dalam memproduksi komponen dari bahan plastik. Mesin *injection molding* terdiri atas beberapa bagian seperti: *nozzle*, *hopper*, *heating elements*, *mold* dan *piston*. Sedangkan sumber penggerak mesin terdiri atas sumber udara bertekanan yang berfungsi menekan piston atau plunyer dan sumber listrik bolak-balik sebagai sumber tenaga untuk bagian pemanas (*heating elements*).

Prinsip kerja *injection molding machine* sebetulnya mirip dengan *hot-chamber pressurized die-casting*, dimana bahan baku plastik mula-mula dimasukkan kedalam tabung pemanas untuk dilelehkan melalui *hopper* (lubang pemasukan). Setelah plastik meleleh dengan temperatur tertentu, maka plastik tersebut didorong keluar dari dalam tabung melalui *nozzle* untuk diinjeksikan kedalam cetakan (*mold*). Selanjutnya benda cetak dibiarkan membeku dan mendingin beberapa saat di dalam cetakan sebelum cetakan dilepas dan dibuka untuk mengeluarkan benda cetak.

2.2.2 *Parameter proses injection molding*

Untuk memperoleh benda cetak dengan kualitas hasil yang optimal, perlu mengatur

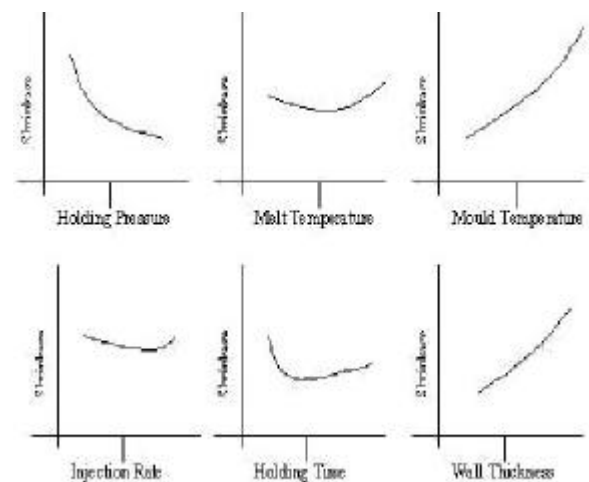
beberapa parameter yang mempengaruhi jalannya proses produksi tersebut. Parameter-parameter suatu proses tentu saja ada yang berperan sedikit dan adapula yang mempunyai peran yang signifikan dalam mempengaruhi hasil produksi yang diinginkan. Biasanya orang perlu melakukan beberapa kali percobaan hingga 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*)
Adalah batas temperatur dimana bahan plastik mulai meleleh kalau diberikan energi panas.
- b. Batas tekanan (*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 terseburnya bahan plastik dari dalam cetakan dan hal ini akan berakibat proses produksi menjadi tidak efisien.
- c. Waktu tahan (*holding time*)
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 mempersulit jalannya aliran bahan plastik dari dalam *nozzle*.
- d. Waktu penekanan (*holding pressure*)
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 (*mould temperature*)
Yaitu temperatur pemanasan awal cetakan sebelum dituangi bahan plastik yang meleleh.

- f. Kecepatan injeksi (*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. Ketebalan dinding cetakan (*wall thickness*)
Menyangkut desain secara keseluruhan dari cetakan (*moulding*). Semakin tebal dinding cetakan, semakin besar kemungkinan untuk terjadinya cacat *shrinkage*.

Pengaruh beberapa parameter proses *injection molding* terhadap cacat *shrinkage* pada bahan plastik diperlihatkan bahwa gambar berikut.



Gambar 1. Hubungan Cacat *Shrinkage* Dengan Parameter Proses

2.3 Cacat *shrinkage* pada benda cetak plastik

Ada berbagai jenis cacat yang sering dijumpai pada produk cor. Cacat produk cor dapat dikategorikan 3 jenis, yaitu : *major defects*, *minor defects*, dan cacat yang dapat diperbaiki namun tidak ekonomis. *Major defects* adalah cacat produk cor yang tidak dapat diperbaiki dan digolongkan menjadi produk cor yang afkir. Sedangkan *minor defects* adalah cacat yang masih dapat diperbaiki dengan biaya perbaikan ekonomis.

Cacat *shrinkage* dapat timbul antara lain jika temperatur leleh terlalu tinggi. Cacat ini dapat dieliminir atau dikurangi dengan mendesain parameter proses secara tepat dan benar.

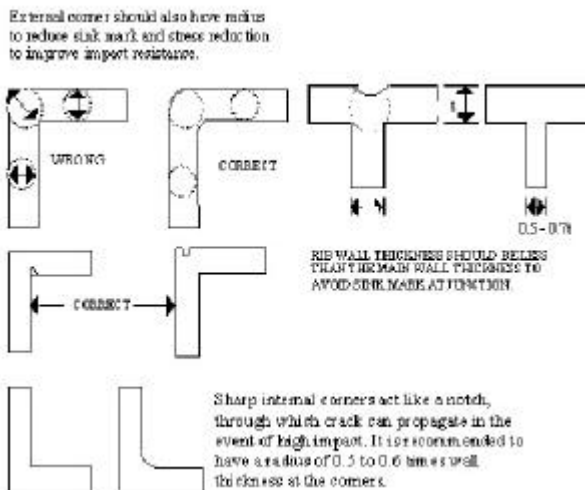
Di bawah ini diberikan tabel besarnya persentase *shrinkage* untuk beberapa jenis bahan plastik yang terkenal.

Tabel 1. Persentase Shrinkage Untuk Beberapa Bahan Plastik

Material	% Shrinkage	Material	% Shrinkage
Nylon 6	1 – 1.5	Polycarbonate	0.8
Nylon 6-GR	0.5	Acetal	2
Nylon 6/6	1-2	PVC - Rigid	0.5 – 0.7
Nylon 6/6-GR	0.5	PVC – Soft	1 – 3
LDPE	1.5 – 3	ABS	0.4 – 0.6
HDPE		PP	1.2 – 2
Polystyrene	2 – 3	Cellulose acetate	0.5
Styrene-acrylonitrile	0.5 – 0.7	Cellulose acetate-butyrate	0.5
Acrylic	0.3 – 0.6	Cellulose propionate	0.5

sumber: <http://in.geocities.com/bolurpc/>

Pengaruh desain ketebalan dinding cetakan terhadap adanya cacat *shrinkage* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Ketebalan Dinding Cetakan Vs Cacat *Shrinkage*

3. Prosedur Penelitian

3.1 Analisa kegagalan produk yang ada (Failure Analysis)

Yaitu suatu tahapan yang pertama kali dilakukan dengan cara mengamati kegagalan yang sering terjadi pada produk *holder pneumatics* yang ada. Dari kegagalan yang ada, terlihat jelas bahwa sering terjadi kelonggaran antara ukuran diameter luar *holder* dengan rumahnya, sehingga hal ini cenderung mendorong terjadinya kelonggaran antara *holder* dengan rumahnya. Akibat kelonggaran tersebut akhirnya *holder* mendapat gaya kejut secara terus menerus, sehingga komponen pneumatik bekerja tidak semestinya.

Belajar dari kegagalan tersebut, dapat dianalisa bahwa ukuran atau dimensi yang akurat dapat menurunkan tingkat kegagalan

tersebut, karena dengan semakin akuratnya ukuran/toleransi antara *holder* dengan rumahnya, maka kemungkinan kelonggaran pada *holder* dan rumahnya pun akan menjadi lebih kecil. Terkait dengan itu, penulis menilai bahwa ada satu faktor yang berpengaruh terhadap akurasi tersebut dalam proses pembuatannya, yaitu penyusutan (*shrinkage*). *Shrinkage* didefinisikan sebagai perbedaan antara dimensi produk cetakan dengan dimensi cetakan diukur pada temperatur kamar.

3.2 Pembuatan spesimen

Pembuatan spesimen dilakukan pada laboratorium mekanik Politeknik Negeri Sriwijaya dengan bantuan mesin *injection molding* teforma RN-350 dengan bahan baku dari jenis plastik *thermoplast* yaitu: polyethylene (PE).

Cetakan spesimen dibuat dari bahan ASSAB SF-2. Pembuatan spesimen mengacu pada prosedur yang ditetapkan oleh pabrik pembuat mesin HOLM *Exportgemeinschaft Deutcher werkezeugmaschinenfabriken Hamburg* dengan standar DIN.

Tabel 2. Data Percobaan

No.	Temp. Leleh (°C)	Tekanan (bar)	Waktu (detik)		% Shrinkage*	Bentuk
			Waktu Tahan	Pressure Duration		
1	185	5,6	20	15	-	TS
2	185	6,0	20	15	17,58	KS
3	185	6,4	20	15	2,30	S
4	185	7,0	20	15	2,10	S
5	210	5,6	25	15	2,48	S
6	210	6,0	25	15	2,52	S
7	210	6,4	25	15	2,49	S
8	210	7,0	25	15	2,51	S
9	220	5,6	30	15	2,69	S
10	220	6,0	30	15	2,84	S
11	220	6,4	30	15	2,75	S
12	220	7,0	30	15	2,82	S
13	225	5,6	35	15	2,76	S
14	225	6,0	35	15	2,74	S
15	225	6,4	35	15	3,20	S
16	225	7,0	35	15	12,68	KS

Keterangan:

TS = Tidak Sempurna (terjadi cacat *shrinkage*)

KS = Kurang Sempurna

S = Sempurna

* = % *shrinkage* dihitung dengan membandingkan volume cetakan dengan benda cetak hasil *injection molding*

Spesifikasi mesin injeksi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- *Injection weight* : 30 g
- *Injection volume* : 32 cm³
- *Heating Output* : 600 W
- *Heating-up time* : maximum 6 minutes
- *Liquefaction capacity* : 1500 g/h

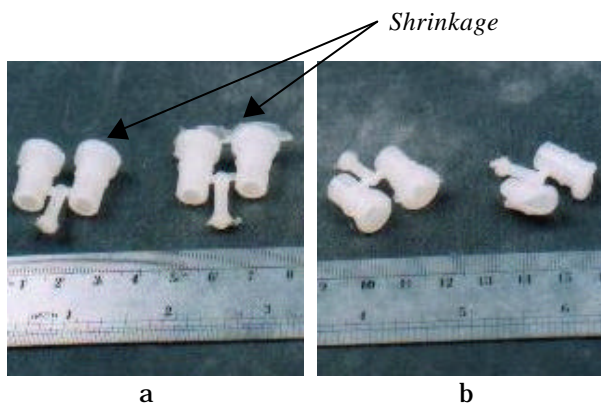
- *Constancy of temperatur* : +/- 2°C
- *Temp. range* : + 20°C to 400°C
- *Main plug* : 220 V, 50 Hz, 3A
- *Air requirement* : 1.4 dm³ per stroke
- *Specifik injection pressure* : max 350 kp/cm²
- *Permissible air pressure* : max. 15 bar

Data dan kondisi selama penelitian sebagai berikut:

- Nama produk : *Pneumatics Holder*
- Raw Material : LDPE (Low Density Polyethylene)
- Temperatur leleh : 175°C sampai dengan 250°C

4. Hasil dan Diskusi

Dari sejumlah percobaan yang dilakukan, hanya 16 buah spesimen yang patut ditampilkan dan dianalisa dalam makalah ini. Hasil lengkap percobaan diperlihatkan pada tabel 2. Sedangkan gambar di bawah memperlihatkan produk hasil *injection molding*.

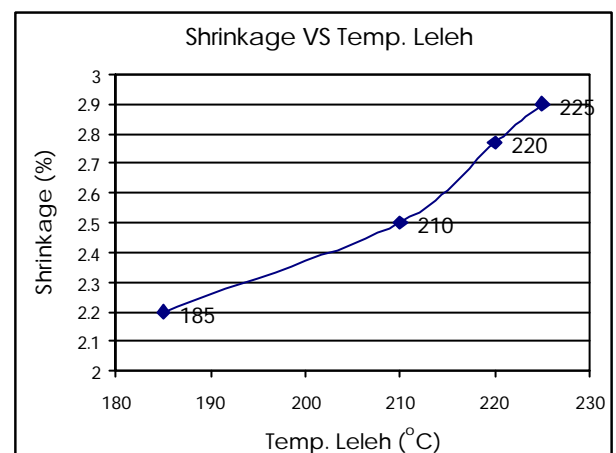


Gambar 3. Contoh Photo Produk a) Cacat b) Sempurna

Berdasarkan hasil penelitian bahwa pengaturan beberapa parameter sama sekali tidak berpengaruh untuk mendapatkan produk yang sempurna. Pada tabel 2 terlihat bahwa ada sejumlah bentuk produk yang dihasilkan kurang sempurna atau tidak sempurna sebagaimana ditandai dengan kode TS dan KS. Untuk memudahkan menganalisa hubungan parameter untuk menghasilkan produk *pneumatic holder* yang bebas cacat penyusutan dilakukan pemilahan data.

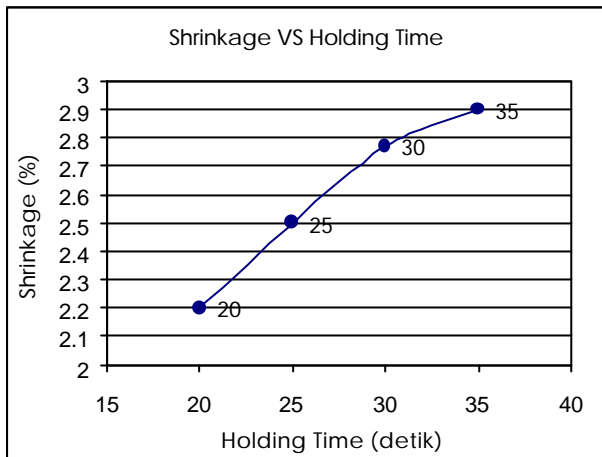
Parameter temperatur leleh sangat berpengaruh terhadap terjadinya cacat penyusutan (*shrinkage*) pada produk. Persentase cacat penyusutan paling kecil terjadi pada temperatur leleh 185°C dimana persentase cacat ini semakin meningkat dengan naiknya temperatur leleh. Sebab perbedaan antara temperatur

cairan plastik dengan temperatur cetakan (*moulding*) yang besar akan menyebabkan semakin besarnya kemungkinan terjadinya cacat penyusutan. Pada penelitian ini persentase penyusutan paling besar 2,9% pada temperatur leleh 225°C. Gambar 4 memperlihatkan grafik hubungan persentase *shrinkage* terhadap temperatur leleh. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang sudah ditampilkan pada gambar 1. Meskipun titik optimal belum didapatkan namun bisa diperkirakan bahwa temperatur leleh di bawah 185°C pasti persentase penyusutan lebih besar dari 2,2%. Hal ini didasarkan bahwa kondisi plastik di bawah temperatur tersebut belum sepenuhnya mencair.



Gambar 4. Grafik Hubungan *Shrinkage* dengan Temperatur Leleh

Dengan meningkatkan waktu tahan (*holding time*) ditingkatkan akan menyebabkan seluruh plastik benar-benar meleleh. Namun demikian, pada sisi yang lain energi yang diserap oleh cairan plastik juga meningkat. Dalam hal ini, kondisi yang dicapai ini mirip dengan kondisi jika temperatur leleh semakin tinggi. Gradien temperatur cairan plastik semakin tinggi jika waktu tahan juga semakin tinggi. Akibatnya gradien temperatur yang tinggi lebih memungkinkan terjadinya ketidakseragaman temperatur pada cairan plastik. Ketidakseragaman temperatur inilah menjadi awal terjadinya cacat penyusutan. Pada gambar 5 terlihat bahwa persentase cacat penyusutan meningkat seiring dengan meningkatnya waktu tahan.



Gambar 5. Grafik Hubungan Cacat *Shrinkage* dengan Waktu Tahan

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap spesimen dan mengacu pada teori dasar yang ada maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Desain parameter proses *plastic injection moulding* menentukan kualitas hasil benda cetak, khususnya produk pneumatics holder.
- Diantara parameter proses *injection moulding* yang ada, parameter proses yang paling dominan pengaruhnya adalah parameter temperatur leleh (*melting temperature*)

Daftar Pustaka

1. Kalpakjian Serope, *Manufacturing Engineering And Technology*, Addison-Wesley Publishing Co, 1989.
2. Surdia Tata., *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, 2000.
3. Tjitro Soejono, *Simulasi Numerik Proses Pembekuan Aluminium Pada Pengecoran Cetakan Pasir*, Tesis, Universitas Indonesia, 2001.
4. <http://in.geocities.com/bolurpc/>
5. www.apc.com
6. www.basell.com