

PENGARUH PROSES PENDINGINAN TERHADAP SHINKAGE DAN DIMENSI PRODUK TS PLUG 1" BERBAHAN PVC PADA INJECTION MOLDING

Edi Sunarto¹⁾, Ir. Estu Prayogi M.KKK²⁾

^{1), 2)} Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pancasila
Jl.Srengseng Sawah, Jagakarsa Jakarta Selatan 12640
Email : edisunarto08@gmail.com

Abstrak. - Ts Plug adalah produk berbahan plastik PVC yang berfungsi untuk menahan atau menutup ujung pipa dari aliran fluida yang tidak digunakan. Produk yang berfungsi sebagai penutup tentu berhubungan langsung dengan produk penyambungannya yang pasti memiliki suaian pas atau toleransi yang rendah pada dimensinya, sehingga shrinkage harus diperhatikan agar sesuai dengan pasangan atau nilai standarnya. Masalah yang sering muncul adalah cacat produk akibat depresiasi. Sehubungan dengan hal tersebut, pengaruh laju pendinginan pada penyusutan dan dimensi produk pada proses injection molding busa isolasi dengan material plastik PVC dan bahan cetakan stainless steel melalui percobaan investigasi akan terungkap. Pengujian dimulai dengan pembuatan cetakan dan mesin injeksi, kemudian plastik PVC yang disuntikkan ganda ke dalam cetakan dengan pendinginan (Chiller, Cooling Tower dan MTC). Ketiga produk tersebut membandingkan penyusutannya dengan pengukuran volume. Pengukuran susut menghasilkan dimensi luar produk yang diambil dari beberapa arah. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa susut dan ukuran pada dimensi masing-masing titik pengukuran pada pengujian Chiller and Cooling Tower lebih kecil daripada uji injeksi injeksi MTC. Hasil pengukuran penyusutan rata-rata pada Chiller, Cooling Tower dan MTC adalah 8,930%, 8,477%, dan 9,192%, sedangkan dimensi rata-rata masing-masing Chiller, Cooling Tower dan titik pengukuran MTC. adalah 0,594%, 0,560% dan 0,767%.

Kata kunci : TS Plug 1", Injection Molding, Shrinkage.

1. Pendahuluan

Injection molding merupakan proses pembentukan plastik kedalam bentuk yang diinginkan dengan cara menekan plastik cair kedalam sebuah ruang (cavity). Pada proses manufaktur tersebut seringkali terjadi cacat produk seperti dimensi tidak sesuai, keretakan, pengerutan, dan lain sebagainya yang diakibatkan oleh beberapa faktor, sehingga banyak material yang terbuang[1].

Menurut Akay (2003), faktor yang menyebabkan terjadinya cacat produk adalah penempatan titik injeksi tidak sesuai, adanya variasi ketebalan produk, dan penyusutan yang tidak teratur pada saat pendinginan[2].

Penyusutan pasti terjadi terhadap produk yang bermaterial plastik pada proses injeksi molding. Penyusutan yang terjadi terkadang kurang sesuai dengan perhitungan, sehingga tidak sesuai dengan harapan yang diinginkan. Penyusutan sering diselamatkan dengan toleransi terhadap dimensi produk tersebut, meskipun demikian belum ditemukan angka yang pasti, sehingga toleransi menjadi penting untuk ditentukan. Cacat ini dapat dieliminir atau dikurangi dengan mendesain parameter proses secara tepat dan benar. Penyusutan material (shrinkage) dinyatakan dalam persen, sehingga jika dirumuskan[3]:

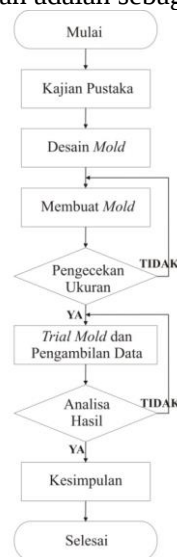
$$\text{Shrinkage} : S = \frac{\Delta V}{V_0} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Tiap material mempunyai pola shrinkage yang berbeda, pada penelitian ini akan diteliti adalah material plastik PVC pada mold TS Plug 1". Ts Plug adalah produk berbahan plastik PVC yang berfungsi untuk menahan atau menutup ujung pipa dari aliran fluida yang tidak digunakan. Produk yang berfungsi sebagai penutup tentu berhubungan langsung dengan produk penyambungannya yang pasti memiliki suaian pas atau toleransi yang rendah pada dimensinya, sehingga shrinkage harus diperhatikan agar sesuai dengan pasangan atau nilai standarnya. Banyaknya produk yang cacat dalam produksi karena shrinkage, maka penelitian yang dilakukan tentang pengaruh proses pendinginan pada injection molding dilakukan untuk mengetahui proses pendinginan yang sesuai dengan bentuk mold yang digunakan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan kurang lebih 3 bulan dari bulan September sampai dengan November di PT. Qmould Teknologi Indonesia dan PT. Qmould Plastik Indonesia. Bahan plastik yang digunakan adalah **Polyvinyl chloride (PVC)**. Mesin yang digunakan meliputi mesin-mesin untuk membuat *mold* (CNC *milling 3 axis*, *milling*, bubut, gerinda datar, EDM, *cranes*) dan mesin NISSEI 160T untuk injeksi. Peralatan yang digunakan adalah *caliper digital*, *dial indikator*, *depth caliper*, *flexible infrared thermometer*.

Pengujian diawali dengan pembuatan *mold* dan mesin injeksi, kemudian dilakukan tiga kali penyuntikan plastik cair PVC kedalam *mold* yang pertama dengan pendinginan (*Chiller*, *Cooling Tower* dan *MTC*). Ketiga produk dibandingkan penyusutannya dengan pengukuran volume. Pengukuran penyusutan berakibat pada dimensi bagian luar produk diambil dari beberapa arah titik pengukuran. Langkah analisis yang dilakukan adalah sebagaimana pada gambar 1.



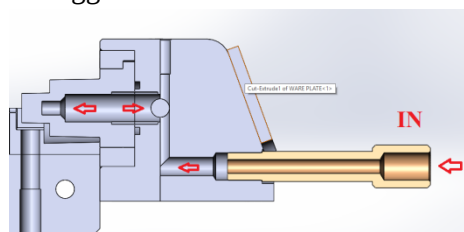
Gambar 1. Aliran Proses Analisis

Gambar 1. Aliran Proses Analisis

2.1 Kanal pendingin

a. Untuk bagian Core

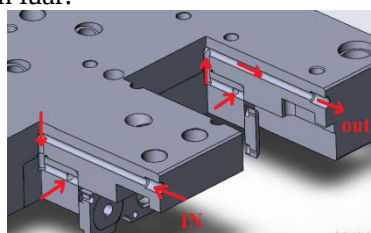
Untuk bagian *Core* pendinginan menggunakan sistem naik turun.



Gambar 2. Sistem pendingin pada bagian core

b. Untuk bagian Cavity

Untuk pendingin bagian *Cavity* menggunakan sistem memutar *insert* untuk membuang panas lebih maksimal dari dinding *insert* bagian luar.



Gambar 3. Sistem pendingin pada bagian cavity

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

TS Plug 1"



Gambar 4. *TS Plug 1"*
menggunakan pendingin *Chiller*



Gambar 5. *TS Plug 1"*
menggunakan pendingin
Cooling Tower



Gambar 6. *TS Plug 1"*
menggunakan pendingin *MTC*

3.1 Laju Pendinginan

Laju pendinginan dihitung dari temperatur barrel dikurangi rata-rata temperatur produk dibagi lama waktu injeksi (*cycle time*). Temperatur *barrel* pada pengujian ini adalah 145°C sedangkan waktu injeksinya adalah 60 detik.

Tabel 1. Laju Pendinginan

Pendingin	Temperatur (K)		Waktu injeksi (s)	Laju pendinginan (K/s)
	<i>Barrel</i>	Produk		
<i>Chiller</i>	418,15	304,05	60	1,90
<i>Cooling tower</i>	418,15	307,83	60	1,84
MTC	418,15	327,49	60	1,51

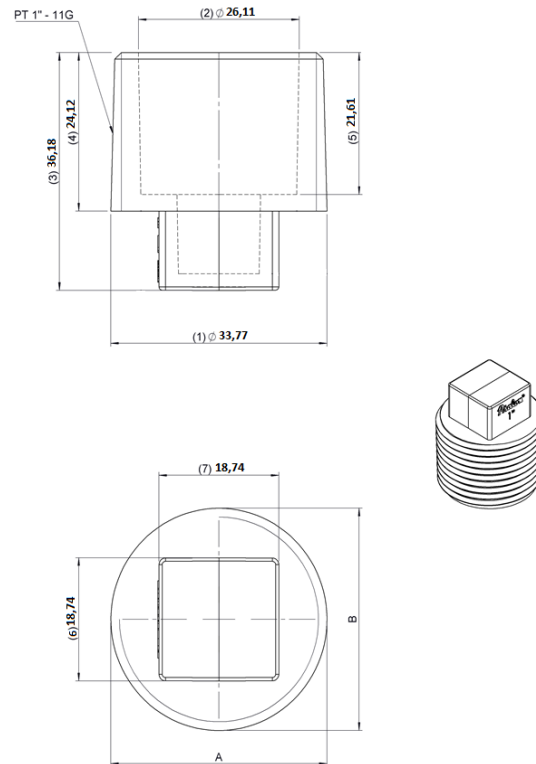
3.2 Shrinkage Volume

Shrinkage atau susut adalah ukuran volume yang berkurang tanpa dikenai pengerjaan pada produk tersebut, untuk itu analisa *shrinkage* produk bisa diambil dari massa dibagi *density*. Untuk *density* PVC adalah 1,40 g/cm³. Sedangkan untuk menghitung volume *mold* (V_o) dengan menggunakan *software SolidWork* 2015, yaitu sebesar 9,932 cm³.

Tabel 2. Shrinkage Volume

Pendingin	Volume (cm ³)			<i>Shrinkage</i> (%)
	<i>Mold</i> [V_o]	Produk [V_1]	ΔV	
<i>Chiller</i>	9,932	9,045	0,887	8,930
<i>Cooling tower</i>	9,932	9,090	0,842	8,477
MTC	9,932	9,019	0,913	9,192

3.3 Pengaruh *Shrinkage* terhadap Dimensi



Gambar 7. Titik pengukuran penyimpangan akibat *shrinkage*

Tabel 3. Penyimpangan Dimensi Pendingin *Chiller*

Pengujian Produk		1	2	3	4	5	General Spesification Mold	Rata-rata
Pendingin	Titik Ukur	Dimensi Aktual pada Produk						
Chiller	1A	32,91	32,97	32,96	32,92	32,92	Ø33,77	Ø32,93
	1B	32,98	32,04	32,02	32,99	32,94	Ø33,77	Ø32,99
	1	Rata-rata 1A dan 1B					Ø33,77	Ø32,96±0,03
	2	26,09	26,08	26,09	26,01	26,01	Ø26,11	Ø26,06±0,04
	3	36,17	36,18	36,14	36,11	36,05	36,18	36,13±0,04
	4	24,14	24,17	24,11	24,09	24,05	24,12	24,11±0,04
	5	21,57	21,59	21,57	21,52	21,48	21,61	21,54±0,04
	6	18,66	18,62	18,61	18,63	18,59	18,74	18,62±0,02
	7	18,68	18,68	18,68	18,67	18,62	18,74	18,66±0,02

Tabel 4. Penyimpangan Dimensi Pendingin *Cooling Tower*

Pengujian Produk		1	2	3	4	5	General Spesification Mold	Rata-rata
Pendingin	Titik Ukur	Dimensi Aktual pada Produk						
Chiller	1A	32,96	32,93	32,93	32,94	32,94	Ø33,77	Ø32,94
	1B	33,05	33,03	32,99	33,02	32,96	Ø33,77	Ø33,01
	1	Rata-rata 1A dan 1B					Ø33,77	Ø32,97±0,03

	2	26,03	26,01	26,02	26,04	26,09	Ø26,11	Ø26,04±0,03
	3	36,12	36,14	36,19	36,14	36,12	36,18	36,14±0,02
	4	24,14	24,16	24,09	24,18	24,12	24,12	24,11±0,03
	5	21,54	21,58	21,57	21,55	21,59	21,61	21,56±0,01
	6	18,64	18,64	18,64	18,63	18,63	18,74	18,63±1,12
	7	18,68	18,69	18,68	18,69	18,66	18,74	18,68±0,01

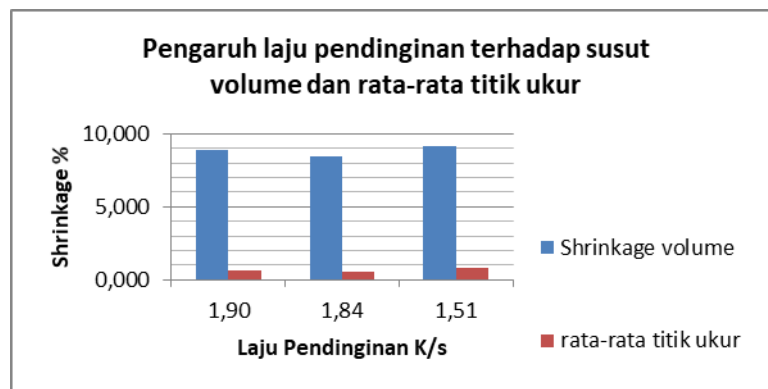
Tabel 5. Penyimpangan Dimensi Tanpa Pendingin

Pengujian Produk		1	2	3	4	5	General Spesification Mold	Rata-rata
Pendingin	Titik Ukur	Dimensi Aktual pada Produk						
Chiller	1A	32,95	32,95	32,96	32,96	32,92	Ø33,77	Ø32,94
	1B	32,93	32,93	32,91	32,86	32,84	Ø33,77	Ø32,89
	1	Rata-rata 1A dan 1B					Ø33,77	Ø32,91±0,02
	2	25,94	25,98	25,93	26,09	25,97	Ø26,11	Ø25,98±0,06
	3	36,10	36,00	36,04	36,02	36,03	36,18	36,03±0,03
	4	24,06	24,02	24,09	24,06	24,05	24,12	24,05±0,02
	5	21,55	21,50	21,54	21,56	21,53	21,61	21,53±0,02
	6	18,57	18,62	18,61	18,59	18,61	18,74	18,60±0,01
	7	18,69	18,68	18,64	18,65	18,66	18,74	18,66±0,01

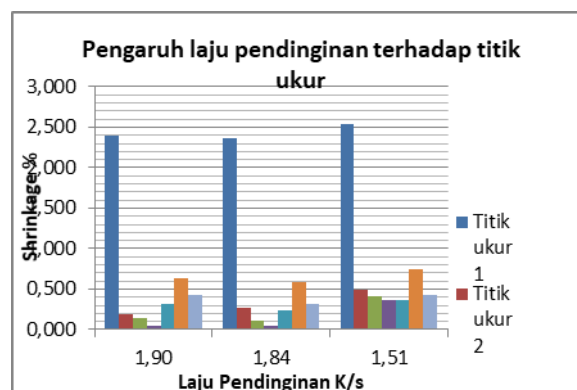
Tabel 6. Hubungan Laju Pendinginan Terhadap *Shrinkage* Volume Dan Titik-Titik Pengukuran.

No	Pendingin	Laju Pendinginan K/s	Shrinkage Volume %	Shrinkage pada titik pengukuran %	
				Titik ukur	Susut
1	Chiller	1,90	8,930	1	2,398
				2	0,191
				3	0,138
				4	0,041
				5	0,324
				6	0,640
				7	0,427
				rata-rata	0,594±0,75
2	Cooling Tower	1,84	8,477	1	2,369
				2	0,268
				3	0,110
				4	0,041
				5	0,231
				6	0,586
				7	0,320
				Rata-rata	0,560±0,75

3	MTC	1,51	9,192	1	2,546
				2	0,497
				3	0,415
				4	0,370
				5	0,370
				6	0,747
				7	0,427
				Rata-rata	0,767±0,74



Gamabar 8. Laju pendinginan berpengaruh lebih besar terhadap penyusutan volume dibandingkan dengan penyusutan pada titik-titik penyusutan yang dirata-rata.



Gambar 9. Laju pendinginan terhadap penyusutan pada titik-titik ukur menunjukkan perbedaan yang besar terutama pada titik 1 dengan titik 4.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa serta pembahasan data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa pendinginan pada proses *injection molding* sangat berpengaruh terhadap *shrinkage* produk, yaitu:

1. Pengaruh laju pendinginan terhadap *shrinkage* volume yang berpendingin *Chiller*, *Cooling Tower*, dan *Mold Temperature Controller (MTC)* adalah sebesar 8,930%, 8,477%, dan 9,192%.
2. Pengaruh laju pendinginan pada *shrinkage* yang berpendingin *chiller* adalah sebesar 1). 2,398%, 2). 0,191%, 3). 0,138%, 4). 0,041%, 5). 0,324%, 6). 0,640%, 7). 0,427%. Jika dirata-rata dari jumlah titik ukur tersebut maka didapat nilai sebesar 0,594%.

3. Pengaruh laju pendinginan pada *shrinkage* yang berpendingin *cooling tower* adalah sebesar 1). 2,369%, 2). 0,268%, 3). 0,110%, 4). 0,041%, 5). 0,231%, 6). 0,586%, 7). 0,320%. Jika dirata-rata dari jumlah titik ukur tersebut maka didapat nilai sebesar 0,560%.
4. Pengaruh laju pendinginan pada *shrinkage* yang berpendingin *MTC* adalah sebesar 1). 2,546%, 2). 0,497%, 3). 0,415%, 4). 0,370%, 5). 0,370%, 6). 0,747%, 7). 0,427%. Jika dirata-rata dari jumlah titik ukur tersebut maka didapat nilai sebesar 0,767%.

Kesimpulan yang dapat diambil dari data diatas adalah bahwa produk yang berpendingin *Cooling Tower* mengalami *shrinkage* paling rendah atau sedikit dibanding dengan berpendingin *Chiller*, dan yang berpendingin *MTC* menjadi yang paling besar pengaruhnya terhadap *shrinkage*. Agar *shrinkage* pada produk menjadi sama, cara yang harus dilakukan adalah mengatur *cycle time* pada proses injeksi. Jadi untuk mengejar produksi agar lebih cepat dengan waktu yang singkat, maka untuk proses injeksi menggunakan pendinginan *Cooling Tower*.

B. Saran

Untuk penelitian selanjutnya hendaknya

1. *Shrinkage* pasti berpengaruh pada dimensi, namun *shrinkage* tidak tetap pada tiap-tiap dimensi, seperti pada pengujian *mold Ts Plug 1"* ini setiap titik-titik ukur memiliki *shrinkage* yang berbeda terutama pada titik 1 dengan titik 4 yang mempunyai *shrinkage* yang berbeda jauh. Maka pada saat mendisain produk perlulah toleransi-toleransi terhadap titik poin ukur pada produk *Ts Plug 1"* maupun pasangannya tersebut sehingga produk bisa digunakan.

Daftar Pustaka

- [1]. Moerbani, J. *Plastic Molding*, Jurnal Akademi Teknik Mesin Industri (ATMI), Surakarta. 1999.
- [2]. Akay, H. U. *Prediction of Shrinkage in Plastic Injected Parts Due to Cooling, Computer-Aided Engineering Analysis*. 2003.
- [3]. Zulianto, Dwi. *Analisa Pengaruh Variasi Suhu Plastik Terhadap Cacat Warpage Dari Produk Injection Molding berbahan PolyProphylene (PP)*. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2015.