

PENGARUH WAKTU PENEKANAN PADA PROSES *INJECTION MOLDING* TERHADAP KUALITAS ANTING DAGU HELM PROYEK

Asep Muchyidin*, Reny Afriany**, Ratih Diah Andayani**, Rita Djunaidi

*Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas IBA

**Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas IBA

e-mail : reny.afriany@yahoo.com

ABSTRAK

Sifat plastik yang mampu bentuk (*formability*), ringan dan daya redam yang baik membuat produk plastik banyak digunakan untuk memenuhi berbagai kebutuhan hidup manusia. Salah satu produk yang menggunakan material plastik ini adalah anting dagu pada helm proyek yang banyak digunakan oleh para pekerja lapangan. Anting dagu ini dibentuk dengan proses *injection molding*, dengan material termoplastik yang digunakan jenis *polyethylene* (polietilen). Dalam prosesnya, penyusutan (*shrinkage*) polietilen dipengaruhi oleh besarnya temperatur, tekanan, dan waktu penekanan. Penelitian ini untuk menganalisa kualitas akhir permukaan dari produk anting dagu ditinjau dari penyusutan (*shrinkage*) dengan memvariasikan waktu penekanan. *Injection time* divariasikan dalam waktu 1.25, 1.75, dan 1.5 detik. Perhitungan menunjukkan *shrinkage* terendah pada waktu penekanan 1.75 detik yaitu sebesar 0.85%. Pengujian tarik menunjukkan polimer polietilen ini memiliki sifat mekanik yang dinyatakan dalam parameter yang sama dengan logam. Dalam penggunaannya, tidak terjadi deformasi yang besar pada anting dagu ini, karena beban tekan yang diberikan oleh pengguna umumnya kecil.

Kata Kunci: *injection molding*, *injection time*, *shrinkage*, polietilen

1. PENDAHULUAN

Anting dagu juga berperan menentukan kenyamanan pemakaian helm proyek dalam tugas-tugas lapangan. Pada umumnya material dagu terbuat dari plastik jenis polietilene, karena sifatnya yang ringan dan mudah dibentuk.

Anting dagu ini pembuatannya menggunakan proses *injection molding*. Proses *injection molding* secara luas digunakan pada industri untuk memproduksi produk geometris rumit yang dibentuk dengan produktivitas dan ketelitian tinggi tetapi dengan biaya yang relatif rendah. Pada proses tersebut seringkali terjadi cacat produk seperti pengerutan, retak, dimensi tidak sesuai dan kerusakan saat produk keluar dari *mold*, sehingga banyak material yang terbuang percuma. Meskipun cacat produk tersebut dipengaruhi banyak faktor, tetapi yang paling utama adalah masalah *shrinkage*, atau penyusutan material setelah terjadi pendinginan. Sangat penting untuk melakukan prediksi lebih awal terjadinya penyusutan setelah pendinginan untuk menghindari cacat produk (Anggono, 2005).

Pada proses *injection molding*, dengan pengaturan parameter penekanan yang tepat dapat meningkatkan kualitas produk dan menghemat biaya produksi. Hal ini dikarenakan parameter proses tekanan dan waktu penekanan yang pada umumnya dilakukan oleh sistem hidrolik merupakan salah satu parameter penting yang harus diperhatikan untuk keberhasilan proses produksi melalui *injection molding* (Hudgin dkk, 2006).

Berdasarkan hal tersebut penelitian ini ingin melihat besaran nilai tekanan dan waktu penekanan yang diberikan apakah telah tepat sehingga menghasilkan produk akhir yang baik.

Injection time divariasikan kemudian melihat pengaruhnya terhadap penyusutan produk anting dagu helm proyek.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Polimer Termoplastik

Termoplastik merupakan material yang melunak jika dipanaskan (dan akhirnya akan mencair) dan mengeras jika didinginkan, dan reaksinya pun dapat berbalik. Pada suhu beberapa ratus derajat, termoplastik dapat berubah menjadi cairan kental. Oleh karena itu, termoplastik mudah dan ekonomis untuk dipabrikasi menjadi berbagai bentuk. Contoh termoplastik diantaranya adalah polietilen (PE), polivinil klorida (PVC), polipropilen (PP), polistiren (PS), dan nilon.

Produk Polietilen sendiri yang sering disebut polietena atau politena, berdasarkan *density* dan berat molekul penyusunnya dikelompokkan menjadi 3 yaitu:

Tabel 2.1. Produk polietilen berdasarkan *density* dan berat molekul penyusunnya

No.	Polietilen	Density	BM
1	Low Density Polyethylene (LDPE)	0.912–0.925 gr/cm ³	10.000 - 15.000 gr/mol
2	Medium Density Polyethylene (MDPE)	0.925–0.94 gr/cm ³	15.000 – 35.000 gr/mol
3	High Density Polyethylene (HDPE)	0.94–0.965 gr/cm ³	35.000 – 100.000 gr/mol

Polietilen merupakan film yang lunak, transparan dan fleksibel, mempunyai kekuatan benturan serta kekuatan sobek yang baik serta memiliki kelebihan diantaranya adalah praktis, ringan, harganya murah dan dapat diwarnai sehingga tampak menarik. Dengan pemanasan akan menjadi lunak dan mencair pada suhu 110°C. Berdasarkan sifat permeabilitasnya yang rendah serta sifat-sifat mekaniknya yang baik, polietilen mempunyai ketebalan 0.001 sampai 0.01 inci, yang banyak digunakan sebagai pengemas makanan, karena sifatnya yang termoplastik, polietilen mudah dibuat kantung dengan derajat kerapatan yang baik (Sacharow dan Griffin, 1980).

2.2. Sifat Mekanik Polimer

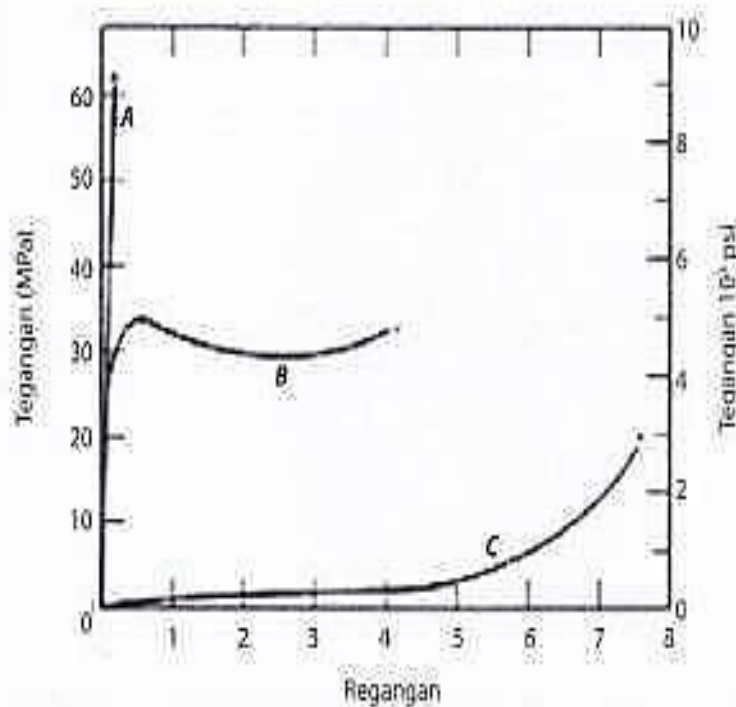
Kekuatan bahan polimer diantaranya adalah kekuatan tarik, tekan, dan lentur. Kekuatan tarik adalah suatu sifat dasar dari polimer. Beban tekan bekerja terhadap kebalikan beban tarik. Bahan polimer mempunyai cacat yang kecil atau mengandung zat pengisi tertentu, maka bahan polimer dapat memiliki deformasi yang besar, umumnya kekuatan tekan lebih besar dari kekuatan tarik dan modulus elastik untuk kekuatan tekan juga lebih besar daripada kekuatan tarik.

Sifat mekanik polimer dinyatakan dalam parameter yang sama dengan logam, seperti modulus elastisitas, kekuatan tarik dan kekuatan luluh. Tiga jenis grafik tegangan-regangan ditampilkan pada Gambar 2.1., grafik A mengilustrasikan polimer rapuh, dimana polimer ini akan patah ketika berdeformasi elastis. Grafik B mengilustrasikan polimer plastis, dimana deformasi awal adalah elastis yang kemudian diikuti peluluhan daerah plastis. Sementara grafik C mengilustrasikan perilaku elastis total, dimana regangan elastis yang besar dapat dihasilkan dengan pemberian tegangan yang rendah, karakteristik ini hanya dimiliki oleh material elastomer.

Modulus elastisitas dan keuletan untuk polimer ditentukan dengan cara yang sama dengan cara menentukan modulus elastisitas dan keuletan untuk logam. Untuk polimer plastis, grafik B titik luluh diambil pada titik maksimum, titik ini disebut dengan tegangan luluh. Tegangan maksimum diambil pada saat spesimen patah. Tegangan maksimum bisa lebih rendah atau lebih tinggi dari tegangan luluh. Sifat mekanik dari polietilen dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Kekuatan Tarik, Tekan dan Lentur Polimer Polietilen

Polietilen	Kekuatan Tarik (MPa)	Perpanjangan (%)	Modulus Elastis (GPa)	Kekuatan Tekan (MPa)	Kekuatan Lentur (MPa)
HDPE	21-38	15-100	0,4-1,0	22	7
LDPE	7-14	90-650	1,4-2,4	-	-



Gambar 2.1. Grafik Tegangan-Regangan Polimer

2.3. Injection Molding

Injection molding pada polimer identik dengan pengecoran bertekanan pada logam dan merupakan salah satu teknik pembentukan polimer yang paling banyak digunakan. Untuk termoplastik, waktu satu siklus proses *injection molding* singkat (sekitar 10-30 detik) karena produk langsung membeku setelah diinjeksikan ke dalam cetakan.

Parameter yang harus diperhatikan dalam proses *injection molding* adalah tekanan dan temperatur, apabila tekanan dan temperatur terlalu tinggi, maka cacat *flashes* akan terjadi pada produk *injection molding*, yaitu sirip yang melebar keluar pada garis pemisah dua cetakan. Namun demikian, apabila tekanan dan temperatur rendah, maka cacat *shortshot* akan terjadi pada produk *injection molding*, yaitu rongga cetak tidak terisi sepenuhnya sehingga terdapat kekurangan pada bentuk produk.

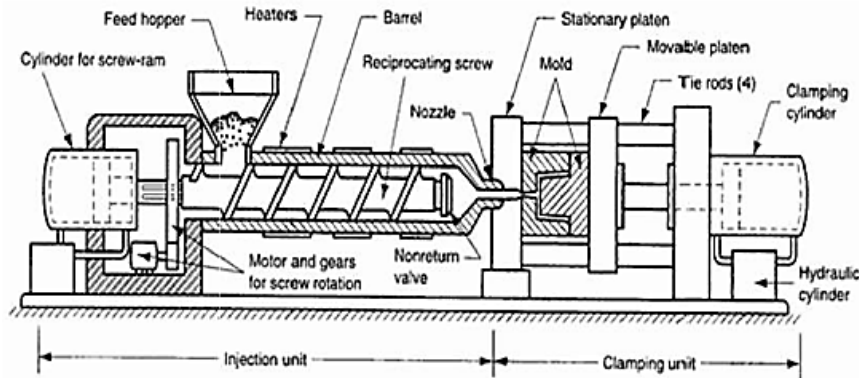
Produk-produk yang dihasilkan melalui proses *injection molding* meliputi produk yang berukuran besar hingga berukuran cukup kecil demikian juga produk yang sederhana hingga sangat rumit. Contoh produk yang dihasilkan melalui proses *injection molding* diantaranya *printer*, *keyboard*, *casing handphone*, *packaging* makanan dan minuman, pesawat telepon, *dashboard* mobil, *body motor*, helm, peralatan rumah tangga dan lain-lain.

2.4. Konstruksi Mesin Injection Molding

Secara umum konstruksi mesin *injection molding* terdiri dari tiga unit pokok yang penting yaitu *injection unit*, *clamping unit* dan *mold unit*.

2.4.1. Injection Unit

Injection unit merupakan unit yang berfungsi untuk melelehkan plastik dengan temperatur yang disesuaikan dengan material plastik hingga mendorong cairan ke dalam *cavity* dengan waktu, tekanan, temperatur, dan kepekatan tertentu.



Gambar 2.2. Bagian-bagian Mesin *Injection Molding*

2.4.2. *Clamping Unit*

Clamping unit berfungsi membuka dan menutup *mold* dan menjaganya dengan memberikan tekanan penahan (*clamping pressure*) terhadap *mold* agar material yang diinjeksikan pada *mold* tidak meresap keluar pada saat proses berlangsung.

2.4.3. *Mold Unit*

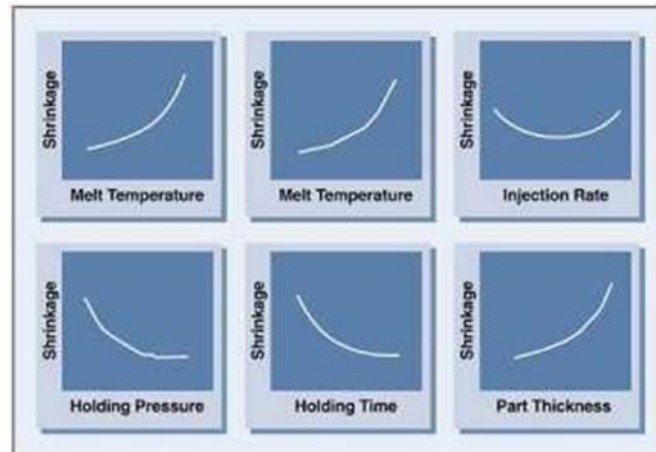
Mold unit adalah bagian terpenting pada mesin *injection molding*, yang mempunyai fungsi utama yaitu untuk membentuk benda yang akan dicetak.

2.5. *Cacat Produk Injection Molding*

Kualitas akhir permukaan dari produk plastik hasil *injection molding* merupakan kriteria utama dari standar kualitas produk. Namun keadaan ini tidak dapat mutlak dipenuhi sehingga seringkali terjadi gangguan/cacat produk yang dapat merusak penampilan produk. Cacat produk dapat ditimbulkan oleh berbagai faktor, baik yang bersumber pada faktor parameter proses maupun faktor desain. Untuk mengatasi masalah cacat tersebut tentunya harus disesuaikan dengan bentuk dan jenis gangguan atau cacat yang timbul serta pengaruhnya terhadap produk.

Adapun parameter-parameter yang berpengaruh terhadap proses produksi plastik melalui metode *injection molding* adalah:

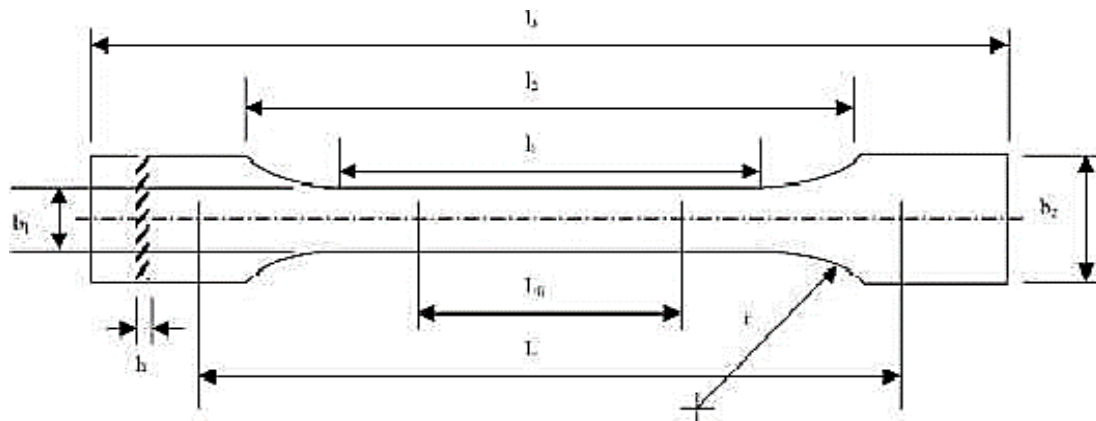
- 1) Temperatur leleh (*melt temperature*)
- 2) Batas tekanan (*pressure limit*), batas tekanan udara yang perlu diberikan untuk menggerakkan piston guna menekan bahan plastik yang telah dilelehkan.
- 3) Waktu tahan (*holding time*), waktu yang diukur dari saat temperatur leleh yang di-set telah tercapai hingga keseluruhan bahan plastik yang ada dalam tabung pemanas benar-benar telah meleleh semuanya.
- 4) Waktu penekanan (*holding pressure*), lamanya waktu yang diperlukan untuk memberikan tekanan pada piston yang mendorong plastik yang telah leleh.
- 5) Temperatur cetakan (*mold temperature*)
- 6) Kecepatan injeksi (*injection rate*)
- 7) Ketebalan dinding cetakan (*wall thickness*)



Gambar 2.3. Faktor yang Mempengaruhi Cacat Penyusutan

2.6. Uji Tarik

Uji tarik digunakan untuk mengetahui sifat dan karakteristik yang dimiliki oleh spesimen. Prinsip pengujian tarik ini adalah spesimen ditarik dengan beban kontinu dibarengi dengan mengukur pertambahan panjangnya. Hasil dari pengujian ini adalah didapat nilai *tensile properties*. Pada pengujian ini dimensi dan bentuk spesimen harus berdasarkan standarisasi metode ASTM D638 type I. Bentuk dan dimensi spesimen adalah sebagai berikut:



Gambar 2.4. Bentuk spesimen pengujian menurut ASTM D638 tipe I

2.7. Penyusutan / *Shrinkage*

Material-material termoplastik dan termoset tersebut dibentuk dengan proses pencetakan, dimana pada proses tersebut akan terjadi proses perubahan bentuk dan proses penyusutan. 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 :

- *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. 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* :

$$s = \frac{\Delta l}{l} \times 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

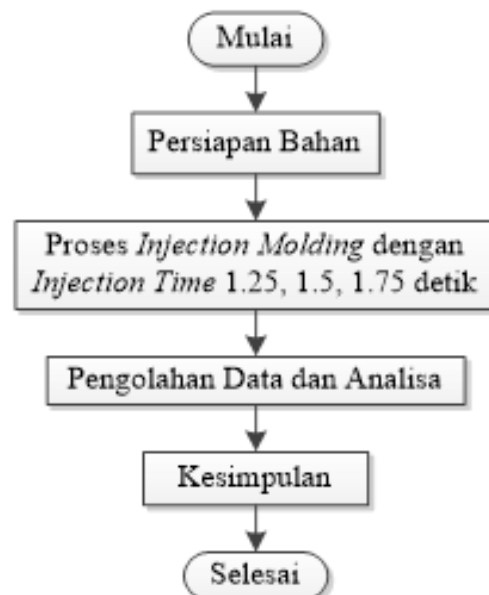
Dimana :

- s = nilai penyusutan
- Δl = besar penyusutan
- l = ukuran sebenarnya

3. METODE PENELITIAN

3.1. Prosedur Penelitian

Tahapan kerja pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut :



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

Bahan untuk penelitian ini adalah material plastik berjenis *low density polyethylene* (LDPE) murni . Material plastik ini berjenis *semi-crystalline*. Sifat dari material plastik LDPE

yaitu mudah diproses, kuat, fleksibel, kedap air, permukaan berkilin, tidak jernih tapi tembus cahaya. Berikut Spesifikasi bahan *Polyethylene* :

<i>Family name</i>	: <i>Low Density Polyethylene</i>
<i>Trade name</i>	: <i>Resin 666 h (Pigmen)</i>
<i>Manufacture</i>	: <i>PT INDO MALPHAN LESTARI</i>
<i>Family abbreviation</i>	: <i>Low Density Polyethylene (LDPE)</i>
<i>Temp in machine</i>	: <i>210 °C – 320 °C</i>
<i>Melt Flow Rate</i>	: <i>8 g /10 min</i>
<i>Melting Point</i>	: <i>240 °C</i>
<i>Tensile Strengt At yield</i>	: <i>48 Mpa</i>
<i>Flexural Modulus</i>	: <i>3,103 Mpa</i>



Gambar 3.2. Biji plastik LDPE

Berikut data spesifikasi mesin injeksi :

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

3.2. Proses Pembuatan Produk Anting Dagu Helm Proyek

Prosedur pengoperasian dan pembuatan produk plastik dengan mesin injeksi plastik adalah sebagai berikut :

- 1) Menyiapkan material plastik LDPE
- 2) Menghidupkan mesin injeksi dan menekan tombol *ON* pada *heater* terlebih dulu kemudian barulah menekan tombol motor listrik pada *control panel* pada mesin injeksi.
- 3) Masukkan data variasi parameter yang sudah disiapkan sesuai dengan material plastik LDPE dengan variasi parameter suhu leleh material tekanan injeksi, tekanan holding, dan waktu pendinginan (Tabel 3.1).

Tabel 3.1. Parameter Proses *Injection Molding*

Percobaan ke-	Parameter Proses			
	<i>Injection Time (s)</i>	<i>Injection Pressure</i>	<i>Holding Pressure</i>	<i>Melt Temperature</i>
1	1.25	120 bar	60 bar	240-310 °C
2				
3				
1	1.5			
2				
3				
1	1.75			
2				
3				

- 4) Masukkan biji plastik yang digunakan ke dalam *hopper*.
- 5) *Charging* material plastik agar material plastik dapat mencair.
- 6) Material plastik yang telah cair dan suhu lelehnya sesuai, maka proses injeksi siap dilakukan.
- 7) Tekan tombol *manual*, *semi-auto* atau *full auto injection* pada *control panel* untuk memulai proses injeksi plastik.
- 8) Tunggu mesin beroperasi sampai proses injeksi berhenti, ketika *mold* injeksi terbuka kemudian produk plastik dilepaskan oleh *ejector*.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Tarik

Hasil dari pengujian tarik akan didapatkan sifat-sifat mekanik plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dari spesimen atau bahan yang di uji tersebut.



Gambar 4.1 Spesimen Uji Tarik LDPE

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Keseluruhan Pengujian Tarik standar ASTM D638

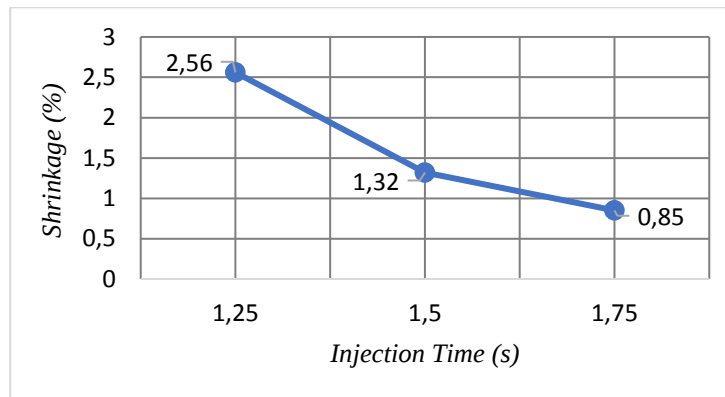
Tegangan Tarik (kgf/mm ²)	Regangan (mm)	Reduksi Penampang (%)	Kekuatan Luluh (kgf/mm ²)	Modulus Elastisitas (kgf/mm ²)	Kelentingan (kgf/mm ²)
113,12	2,52	14,61	1,384	14,544	142,53

4.2. Shrinkage / Penyusutan

Masalah yang terjadi adalah cacat pada hasil akhir produk. Cacat yang terjadi adalah *shrinkage*. Firdaus dan Tjitro (2002) dalam jurnalnya mendefinisikan *shrinkage* sebagai perbedaan antara dimensi produk cetakan dengan dimensi cetakan diukur pada temperatur kamar. Penyusutan material (*shrinkage*) setelah dihitung dengan persamaan (2.1) didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.2.

Tabel 4.2. *Shrinkage* Produk Anting Daggu dengan Variasi Waktu Injeksi

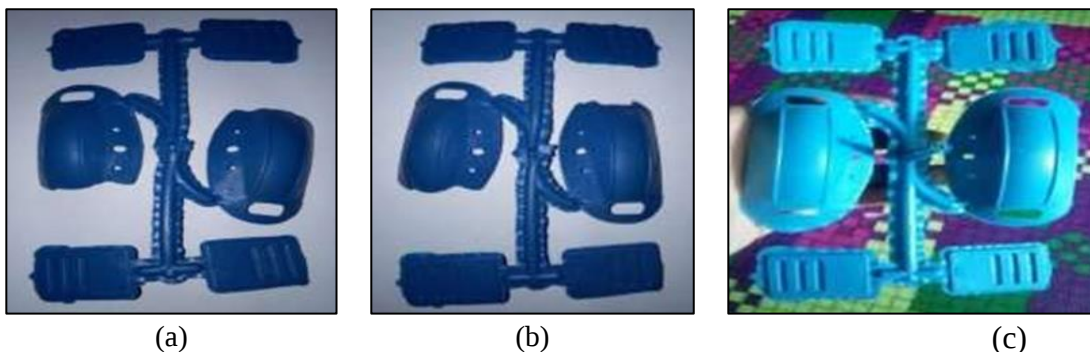
No.	Injection Time (s)	Backpressure (kgf/cm ²)	Temperatur Leleh (°C)	l (mm)	Δl (mm)	Shrinkage (%)	Shrinkage Rata-rata
1	1.25	60	240-310	94	2.4	2.56	2.56
2					2.4	2.56	
3					2.4	2.56	
4	1.50				1.25	1.32	1.32
5					1.25	1.32	
6					1.25	1.32	
7	1.75				0.8	0.85	0.85
8					0.8	0.85	
9					0.8	0.85	



Gambar 4.2. Grafik Hasil Penyusutan

Berdasarkan data dari Tabel 4.2, masalah yang terjadi adalah cacat pada hasil akhir spesimen. Cacat yang terjadi adalah *shrinkage*. Gambar 5.1. menunjukkan produk anting daggu berdasarkan perbedaan waktu injeksi.

Cacat penyusutan yang terjadi pada produk anting daggu helm proyek pada *injection time* 1,25 dan 1,5 detik, mengindikasikan bahwa telah terjadi kegagalan pengeringan pada permukaan spesimen. Dilihat dari segi faktor variabel *injection time* dan waktu penekanan, variabel untuk pembuatan pada produk dengan *injection time* 1.25 dan 1.5 detik terhitung yang terlalu rendah sehingga cairan pengisi tidak bisa mengisi seluruh bagian cetakan. Kurangnya gaya penekanan akan berdampak cacat kusut (*shrinkage*) atau kelebihan tekanan akan berdampak melumernya material keluar cetakan (Rusianto dkk, 2010). Gaya penekanan yang dipilih konstan dalam penelitian ini sebesar 60 kgf/cm² dan waktu injeksi 1.75 detik menghasilkan *shrinkage* yang paling rendah.



Gambar 5.1. Produk dengan Parameter *Injection Time* (a) 1.25 detik, (b) 1.5 detik dan (c) 1.75 detik

Sofyan (2010) menulis bahwa kekuatan tarik pada polimer sangat dipengaruhi oleh kerapatan media pengisi terhadap benda jadinya dan juga bisa sangat ditentukan oleh ikatan antara filler atom yang terdapat pada permukaannya. Hal ini yang sangat memungkinkan mempengaruhi hasil akhir dari pengujian tarik ini. Berdasarkan model perpatahan spesimen, perpatahan yang terjadi adalah model perpatahan ulet. Perpatahan ulet memberikan karakteristik berserabut, perpatahan ulet umumnya lebih disukai karena bahan ulet umumnya lebih tangguh dan memberikan peringatan lebih dahulu sebelum terjadinya kerusakan.

5. KESIMPULAN

Parameter *injection time* memberikan pengaruh pada kualitas produk anting dagu helm proyek. Nilai penyusutan yang baik dan ideal terjadi pada variasi *injection time* 1,75 detik *backpressure* 60 kgf/cm² dengan temperatur leleh berkisar 240°C - 310°C yaitu 0,85%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggono, A.D., 2005, *Prediksi Shrinkage untuk Menghindari Cacat Produk pada Plastic Injection*, Majalah Teknik Mesin "Media Mesin"
- Brown, R., 2002, *Handbook of Polymer Testing*, Rapra Technology, Shawbury UK
- Departemen *Maintanance* PT.INDO MALPHAN LESTARI, Palembang, Arsip Struktur Organisasi dan Profil Perusahaan.
- Firdaus, Tjitro, S., 2002, *Studi Eksperimental Pengaruh Paramater Proses Pencetakan Bahan Plastik terhadap Cacat Penyusutan (Shrinkage) pada Benda Cetak Pneumatics Holder*, Jurnal Teknik Mesin Vol.4 No.2. Surabaya
- Hudgin, D.E., Chanda, M., Roy, S.K., 2006, *Plastic Technology Handbook*, CRC Press, New York
- Osswald, T.A., Hernández-Ortiz, J.P., 2006, *Polymer Processing - Modeling and Simulation*, Hanser Publisher, Munich
- Rusianto, T., Ellyawan, Rahmanto, A., 2010, *Shrinkage pada Plastik Bushing dengan Variabel Temperatur Injeksi Plastik*, Jurnal Kompetensi Teknik Vol. 2 No.1, Yogyakarta
- Sacharow, S., Griffin, R.C., 1980, *Principles of Food Packaging*, The AVI Publishing. Co. Inc. Westport. Connecticut.
- Sofyan, B.T., 2010, *Pengantar Material Teknik*, Penerbit Salemba Teknika, Jakarta