

# Studi Analisa Pengembangan Produk Limbah Plastik Berbasis Tekanan Teknologi Injection Moulding

K. A. Widi <sup>1)</sup>, L. D. Ekasari <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang

<sup>2)</sup> Jurusan Akutansi, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi

Email : aswidi@lecture.itn.ac.id

## Abstrak

*Sampah plastik merupakan sampah yang sangat sulit terurai dengan sendirinya. Indonesia merupakan negara terbesar kedua penyumbang sampah plastik ke laut. Untuk menjaga rusaknya lingkungan terutama lingkungan laut yang diakibatkan oleh sampah plastik, maka sampah plastik botol didaur ulang kemudian dijadikan bahan untuk membuat produk plastik dengan mesin injection molding. Tekanan merupakan variabel penting pada proses injeksi molding agar biji plastik yang telah meleleh dapat mengisi mold. Besarnya tekanan yang dibutuhkan dipengaruhi oleh temperatur. Proses penekanan pada injection molding dilakukan dengan dua tahap. Tahap pertama dilakukan dengan tekanan tinggi untuk menginjeksikan plastik cair agar mengisi rongga cetakan. Tahap kedua pada tekanan yang lebih rendah atau disebut holding pressure, pemberian tekanan ini dimaksudkan untuk menahan produk selama proses pembekuan sehingga terbentuk sempurna.*

*Batasan tekanan injeksi tergantung pada kemampuan mesin untuk menekan dan mengklem. Tekanan ini harus dapat menahan tegangan produk dari over packing. Sedangkan penurunan tekanan (pressure drop) yang masih diijinkan selama proses injection molding adalah 80% dari tekanan maksimum injeksi. Jika melebihi batas tersebut, salah satu upaya yang perlu dilakukan adalah dengan menaikkan tekanan maksimum injeksi. Selain itu dapat juga dilakukan penambahan pada temperatur lebur plastik.*

*Menurut Mochamad Fatich Asror, peningkatan tekanan injeksi menyebabkan terjadinya penambahan kekuatan impact dikarenakan semakin banyak kristalin yang terbentuk. Sedangkan tingkat kekerasan produk menurun dikarenakan berkurangnya kadar amorf produk. Untuk mengetahui apakah perbedaan nilai tekanan yang mempengaruhi kekerasan akan mempengaruhi struktur makro produk serta untuk mengetahui cacat / defect yang terjadi akibat variasi tekanan pada produk injection molding maka penulis melakukan penelitian ini.*

**Kata kunci :** *kekerasan, injection moulding, shore D, daur ulang*

## 1. PENDAHULUAN

Plastik adalah suatu polimer yang mempunyai sifat-sifat unik dan luar biasa. Polimer adalah suatu bahan yang terdiri dari unit molekul yang disebut monomer. Jika monomernya sejenis disebut homopolimer, dan jika monomernya berbeda akan menghasilkan kopolimer. Polimer alam yang

telah kita kenal antara lain: selulosa, protein, karet alam dan sejenisnya. Pada mulanya manusia menggunakan polimer alam hanya untuk membuat perkakas dan senjata, tetapi keadaan ini hanya bertahan hingga akhir abad 19 dan selanjutnya manusia mulai memodifikasi polimer menjadi plastic. Plastik yang pertama kali dibuat secara komersial adalah nitroselulosa. Material

plastik telah berkembang pesat dan sekarang mempunyai peranan yang sangat penting dibidang elektronika, pertanian, tekstil, transportasi, furniture, konstruksi, kemasan kosmetik, mainan anak-anak dan produk-produk industry lainnya.

**2. TINJAUAN PUSTAKA**

Polypropylene merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerasi gas propilena. Propilena mempunyai *specific gravity* rendah dibandingkan dengan jenis plastik lain. Sebagai perbandingan lihat tabel 2. Polypropylene mempunyai titik leleh yang cukup tinggi (190-200 °C), sedangkan titik kristalisasinya antara 130-135 °C. *Polypropylene* mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia (*Chemical Resistance*) yang tinggi, tetapi ketahanan pukul (*impact strength*) nya rendah.

**Tabel 1.** Perbandingan specific gravity dari berbagai material plastik

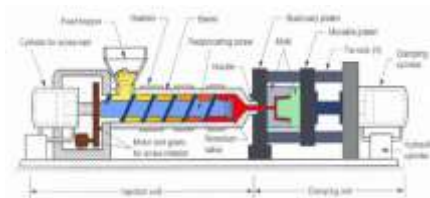
Resin	Specific Gravity
PP	0,85-0,90
LDPE	0,91-0,93
HDPE	0,93-0,96
Polistirena	1,05-1,08
ABS	0,99-1,10
PVC	1,15-1,65
Asetil Selulosa	1,23-1,34
Nylon	1,09-1,14
Poli karbonat	1,20
Poli Asetat	1,38

**Tabel 2.** Temperatur leleh proses thermoplastik

Material	Processing Temperature Rate	
	C	F
ABS	180 - 240	356 - 464
Acetal	185 - 225	365 - 437
Acrylic	180 - 250	356 - 482
Nylon	260 - 290	500 - 554
Poly carbonat	280 - 310	536 - 590
LDPE	160 - 240	320 - 464
HDPE	200 - 280	392 - 536
PP	200 - 300	392 - 572
PS	180 - 260	356 - 500
PVC	160 - 180	320 - 365

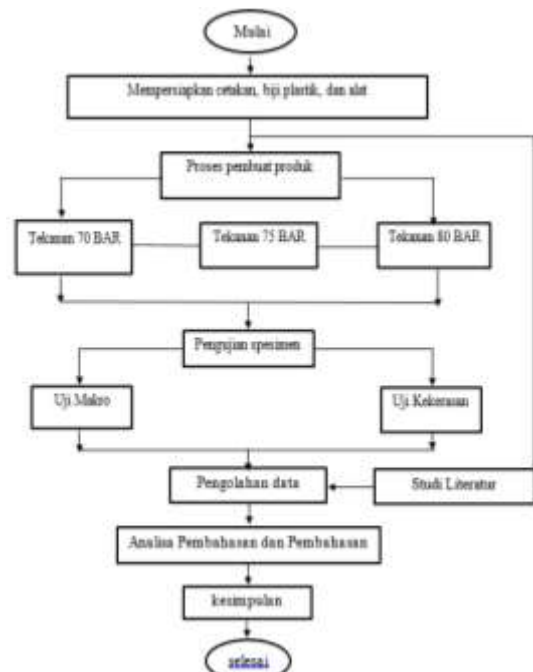
Proses injection molding merupakan proses yang sering digunakan dalam industry manufaktur plastic. Termoplastik dalam bentuk butiran atau bubuk ditampung dalam sebuah hopper kemudian turun ke dalam barrel secara otomatis (karena gaya gravitasi)

dimana ia dilelehkan oleh pemanas yang terdapat di dinding barrel dan oleh gesekan akibat perputaran sekrup injeksi. Plastik yang sudah meleleh diinjeksikan oleh sekrup injeksi (yang juga berfungsi sebagai plunger) melalui nozzle ke dalam cetakan yang didinginkan oleh air. Produk yang sudah dingin dan mengeras dikeluarkan dari cetakan oleh pendorong hidrolik yang tertanam dalam rumah cetakan selanjutnya diambil oleh manusia atau menggunakan robot. Pada saat proses pendinginan produk secara bersamaan didalam barrel terjadi proses pelelehan plastik sehingga begitu produk dikeluarkan dari cetakan dan cetakan menutup, plastik leleh bisa langsung diinjeksikan.



Gambar 1 Unit Mesin Injction Moulding. (<http://id.wikipedia.org/wiki/>)

**3. METODOLOGI PENELITIAN**



**Gambar 2.** Diagram Alir Penelitian

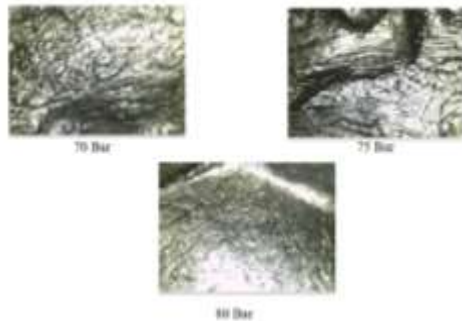
**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Tabel 3.** Hasil Uji Shore D

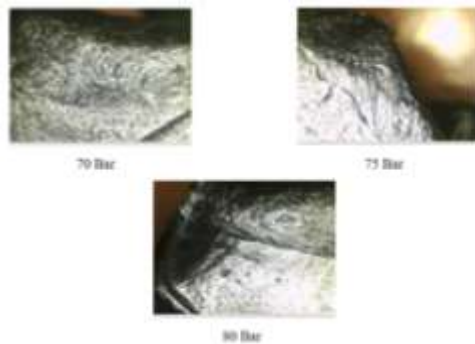
No.	Tekanan (Bar)	Bagian	Kekerasan (HD)
1	80	Atas	55
2		Tengah	55
3		Bawah	60
4	75	Atas	65
5		Tengah	52
6		Bawah	67
7	70	Atas	67
8		Tengah	65
9		Bawah	60

**Pengujian Struktur Makro**

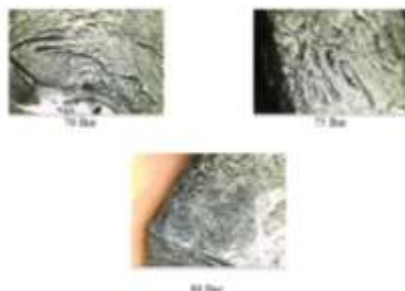
Pengujian struktur makro yang kami lakukan adalah pada bagian muka produk patung wisuda, badan, dan bawah.



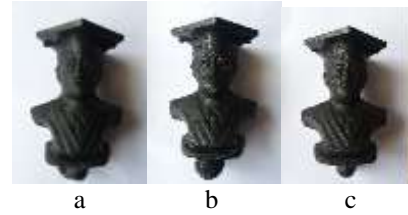
**Gambar 3.** Struktur makro bagian muka masing-masing produk



**Gambar 4.** Struktur makro bagian badan masing-masing produk



**Gambar 5.** Struktur makro bagian bawah masing-masing produk



**Gambar 6.** Produk dengan tekanan injection molding a)80, b) 75, c) 70 Bar

**Analisa cacat warping pada produk**



**Gambar 7.** Cacat warping pada produk tekanan 80 Bar

Dengan melihat gambar di atas dapat diketahui bahwa produk dengan tekanan injeksi 70 Bar memiliki presisi yang paling tepat dikarenakan tidak adanya cacat warping pada produk tersebut, produk dengan tekanan 80 Bar dan 75 Bar memiliki cacat warping dimana produk ini memiliki volume yang lebih tinggi dari desain cetakan, dengan semakin tingginya tekanan injection molding maka semakin tinggi volume atau cacat warpingnya.

Cacat warping yaitu ketidaksesuaian presisi produk yang memiliki volume lebih tinggi dari cetakannya dipengaruhi karena tekanan injeksi molding yang berlebihan, hal ini disebabkan saat biji plastik yang dipanaskan dalam barel dengan suhu 165°C menjadi cair dikarenakan suhu tersebut merupakan titik leleh plastik PP ketika diberi tekanan yang terlalu tinggi sehingga pembekuan plastik menjadi lambat dan mengembang terlalu jauh akibatnya volume produk lebih tinggi dari desain yang seharusnya dan menimbulkan cacat.

**Analisa Cacat Flashing Pada Produk**

Cacat flashing yaitu terdapat material lebih yang ikut membeku di pinggir-pinggir produk. Flashing adalah jenis minor defect pada produk, artinya produk masih bisa dikatakan baik tetapi harus dilakukan pembersihan atau pemotongan pada produk terlebih dahulu. Cacat flashing disebabkan oleh kurangnya tekanan pada cetakan / mold sehingga cetakan tidak rapat dan mempunyai celah plastik leleh untuk keluar.



**Gambar 8.** Cacat flashing pada produk

**Analisa Cacat Burn Mark Pada Produk**

Cacat burn mark yaitu produk memiliki warna kehitaman seperti terbakar. Berhubung produk kita berwarna hitam memang tidak bisa kita membedakan dengan variabel warna. Namun dengan melihat produk kita terdapat perbedaan antara sisi patung atas yaitu kepala dengan badan. Terdapat tekstur seperti terbakar dan permukaan kasar pada kepala produk. Seperti yang diketahui bahwa cacat burn mark disebabkan oleh temperature yang terlalu tinggi. Jadi bisa dibilang terdapat perbedaan temperature pada bagian kepala dan badan patung wisuda. Hal ini yang menyebabkan bagian atas yaitu kepala mempunyai cacat burn mark. Terjadinya perbedaan temperature pada bagian kepala dan badan pada patung wisuda disebabkan oleh lelehan biji plastik diinjeksi dari bawah ke atas, sehingga bagian kepala patung wisuda terisi lebih dahulu dan bagian tersebut membeku terlebih dahulu dan temperature pada mold masih dalam keadaan panas yang menyebabkan bagian kepala patung terkena panas tambahan yang berujung pada cacat burn mark.



**Gambar 9.** Cacat burn mark pada produk

**Analisa Cacat Buble Pada Produk**

Cacat bubbles bisa dibilang juga sebagai melepuh atau gelembung udara yang terperangkap dalam produk sehingga produk bereaksi dengan udara. Pada kasus ini melalui metode observasi, saat pembukaan cetakan atau mold sebenarnya produk sudah presisi masih belum terdapat buble namun karena perbedaan temperature dan pembekuan antara bagian kepala, badan, dan paling bawah maka cacat ini terbentuk. Setelah cetakan dibuka bagian paling bawah

pada produk masih belum membeku seutuhnya, tidak terlalu cair namun seperti lelehan, dikarenakan adanya gravitasi maka bagian paling bawah yang belum beku seutuhnya mengalami penurunan volume sedikit dan kemudian terjadilah reaksi dengan udara yang membuat bagian paling bawah produk bergelembung. Solusi untuk cacat ini adalah dengan memaksimalkan pendinginan pada molding.



**Gambar 10.** Cacat buble pada produk

**Analisa Nilai Kekerasan Uji Shore D Pada Produk**

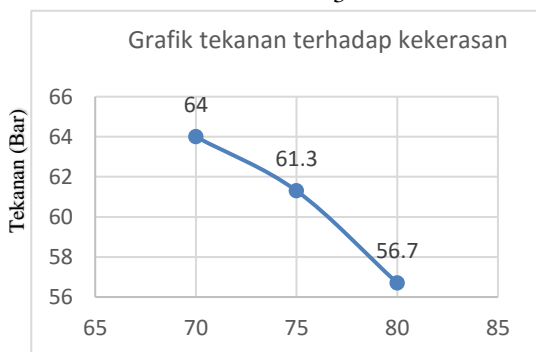
Dari data tabel 3.9 maka dapat diperoleh perhitungan nilai rata-rata kekerasan Shore D antar spesimen sebagai berikut:

- a. Nilai rata-rata kekerasan spesimen 1:  

$$\sum \text{Bagian Spesimen 1} = \frac{55 + 55 + 60}{3} = 56.7$$
- b. Nilai rata-rata kekerasan spesimen 2:  

$$\sum \text{Bagian Spesimen 2} = \frac{65 + 52 + 67}{3} = 61.3$$
- c. Nilai rata-rata kekerasan spesimen 3:  

$$\sum \text{Bagian Spesimen 3} = \frac{67 + 65 + 60}{3} = 64$$



**Grafik 11.** Tekanan terhadap kekerasan

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa semakin tinggi nilai tekanan injection molding maka semakin rendah nilai kekerasan yang didapat. Nilai kekerasan menurun dari tekanan injection molding 75 Bar dengan nilai kekerasan 61.3 HD menjadi 56.7 HD pada tekanan injection molding 80 Bar. Hal ini dikarenakan proses

pembentukan kristalin yang semakin banyak dengan berkurangnya kadar armorf. Nilai kekerasan meningkat dari tekanan injection molding 75 Bar dengan nilai kekerasan 61.3 HD menjadi 64 HD pada tekanan injection molding 70 Bar. Hal ini dikarenakan proses pembentukan kristalin semakin sedikit dengan bertambahnya kadar armorf. Kandungan armorf material ini sifatnya getas dan keras. Armorf terbentuk apabila tidak memiliki sistematika susunan atom yang teratur. Material kristalin terbentuk apabila atom-atom dari material tersebut mengatur sendiri penyusunannya secara periodik/berkala. Jadi armorf ada struktur plastik yang keras dan kristalin adalah struktur plastik yang lunak.

#### Analisa Struktur Makro Pada Produk

Untuk mengetahui perbedaan antar produk dengan struktur makro sangatlah sulit dikarenakan hampir samanya struktur makro antar produk. Pada bagian muka produk patung wisuda memiliki kekasaran pada semua produk. Namun kita sangatlah sulit melihat pengaruh perbedaan nilai tekanan injection molding pada kekasaran permukaannya. Pada pengujian kekasaran permukaan di Laboratorium ITN Malang kita hanya mendapat perbedaan 0.01  $\mu$ /cm pada setiap produk yang memiliki nilai tekanan yang berbeda-beda. Jika kita ingin mengetahui perbedaan yang significant pada antar produk kita harus melakukan pengujian SEM.

Perbedaan struktur makro antar bagian pada produk diakibatkan oleh proses pembekuan pada bagian atas, tengah, dan bawah yang berbeda dan persamaan temperature pada molding. Pada saat biji plastik PP disalurkan dari barel ke cetakan, bagian pertama yang terisi adalah bagian atas, karena bagian atas yang terisi lebih dahulu maka bagian atas tersebutlah yang membeku lebih dahulu. Adanya temperature molding juga mempengaruhi struktur produk. Bagian atas yang membeku lebih dahulu mengalami pemanasan karena temperature molding pada bagian atas terlalu panas. Perbedaan proses pembekuan pada masing-masing bagian produk juga mempengaruhi produk pada bagian bawah. Ketika kami melakukan observasi pelepasan produk pada cetakan, kami melihat bagian bawah produk masih

dalam berupa lelehan yang artinya bagian bawah belum membeku secara sempurna. Hal ini mengakibatkan lelehan tersebut terkena gaya tekan gravitasi ke bawah dan menyebabkan adanya penambahan volume dan ketidak presisian. Dikarenakan bagian produk yang masih leleh tadi beraksi dengan udara maka terjadilah cacat buble.

Pertambahan volume pada bagian bawah mengakibatkan produk tidak bisa berdiri dengan tegak. Untuk menghindari cacat yang terjadi baik karena pembekuan dan temperature mold, hal yang bisa kita lakukan adalah memaksimalkan pendinginan pada cetakan.

#### 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Nilai kekerasan menurun dari tekanan injection molding 75 Bar dengan nilai kekerasan 61.3 HD menjadi 56.7 HD pada tekanan injection molding 80 Bar.

Pada setiap produk memiliki kesamaan struktur makro yang berbeda pada masing-masing bagiannya. Semua produk memiliki struktur makro bagian muka patung wisuda lebih kasar daripada bagian badan patung wisuda. Begitupun pada bagian badan patung wisuda memiliki kekasaran yang lebih besar daripada bagian bawah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_.2017. "Plastik". Tersedia di: <https://id.wikipedia.org/wiki/Plastik> . Diakses pada 31 Maret 2017.
- Firdaus dan Tjitro, S. 200 *Studi Eksperimental Pengaruh Parameter Proses Pencetakan Bahan Plastik terhadap Cacat Penyusutan (Shrinkage) pada Benda Cetak Pneumatics Holder*. Jurnal Teknik Mesin.
- Dieter, G., terjemahan oleh Sriati Djaprie, 1987, *Metalurgi Mekanik*, Jilid 1, edisi ketiga, Erlangga, Jakarta.
- Puspita, Rina. (2014). "Polimer Termoplastik dan Termosetting". Tersedia di: <http://rinapuspita996.blogspot.co.id/2014/02/polimer-termoplastik-dan-termosetting.htm>. Diakses pada 14 April 2017.