KOMPARASI PARAMETER INJEKSI OPTIMUM PADA HDPE *RECYCLED* DAN *VIRGIN* MATERIAL

Muhammad Khadliq

[1]Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183

muhammadkhadliq@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan kualitas produk plastik dengan analisis cacat *sink mark* menggunakan variasi parameter yang optimal untuk membandingkan material plastik murni (*virgin*) dengan plastik daur ulang (*recycled*) jenis *high density polyethylene* (HDPE) menggunakan proses *injection molding*. Penelitian ini menggunakan metode *design of experiment* (DOE) Taguchi untuk mendapatkan variasi parameter proses yang paling optimal seperti *melting temperature, holding pressure, injection pressure,* dan *cooling time.* Hasil dari penelitain ini adalah nilai *sink mark transversal, near gate* dan *far gate* pada material plastik HDPE murni sebesar 0,045 mm dan daur ulang 0,06 mm.

Kata kunci : HDPE, DOE, *injection molding*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Peningkatan kualitas produk dalam bidang industri manuafktur plastik terus berkembang sejalan dengan meningkatnya kualitas produk yang terus bersaing di bidang pemasaran industri manufaktur plastik. Oleh karena itu, peningkatan kualitas produk plastik merupakan faktor penting untuk mendapatkan produk plastik dengan kualitas yang lebih baik. Optimalisasi parameter proses merupakan salah satu cara untuk memperbaiki kualitas yang dilakukan dalam industri manufaktur plastik dengan melakukan variasi parameter proses produk yang tepat (Kavade, 2012).

Naik dkk, (2014) memberikan informasi mengenai cara meminimalkan cacat *sink mark* dengan proses *injection molding* menggunakan metode Taguchi. Penelitian ini menghasilkan variasi parameter yang paling berpengaruh terhadap *sink mark* seperti temperatur leleh, kecepatan injeksi, tekanan injeksi, dan waktu pendinginan untuk mengurangi terjadinya cacat *sink mark*. Penelitian yang hampir sama dilakukan oleh Kale dkk, (2013) mengenai optimalisasi parameter proses dengan *injection molding* untuk meminimalkan *shrinkage* pada material *high density polyethylene* (HDPE) dengan hasil nilai *shrinkage* sebesar 0,515 %, dengan variasi parameter yang digunakan seperti temperatur leleh, tekanan injeksi, tekanan pengepakan, dan waktu pendinginan, yang berpengaruh untuk mengurangi terjadinya *shrinkage*.

Berdasarkan hasil penelitian diatas, penelitian tentang cacat *shrinkage* hanya pada material plastik HDPE saja, sedangkan cacat *sink mark* dengan material plastik HDPE belum dilakukan lebih lanjut, sehingga penelitian tentang material HDPE murni dan daur ulang perlu dilakukan untuk mengetahui perbandingan cacat *sink mark* dengan variasi parameter yang sama.

Penelitian ini dilakukan untuk menambahkan informasi tentang perbangdingan analisis cacat *sink mark* pada material HDPE murni dan daur ulang titanvene HD5218EA dengan metode DOE Taguchi untuk mendapatkan variasi parameter proses, dengan variabel parameter yang paling berpengaruh terhadap cacat *sink mark* seperti *melting temperature*, *holding pressure*, *injection pressurre*, dan *cooling time*. Pada penelitian ini diharapkan kualitas material HDPE daur ulang dapat menyamai kualitas material HDPE murni, dan variasi parameter proses yang optimal dapat digunakan sebagai acuan untuk pembuatan produk plastik dengan proses *injection molding*.

1.2 Dasar Teori

1.2.1 Plastik *High Density Polyetilene* (HDPE)

Polyethylene high density termasuk dalam kategori *crystaline material,* HDPE adalah polimer termoplastik *linear* yang mempunyai sifat lebih kuat dan lebih tahan terhadap temperatur yang lebih tinggi. Penelitian ini menggunakan resin material HDPE dari lotte chemical titan tipe *Titanvane HD5218EA*, material plastik ini sering digunakan untuk mebuat produk peralatan rumah tangga seperti piring, gelas, stopfles, dan juga beberapa mainan plastik dikarenakan plastik ini termasuk dalam kategori yang ramah lingkungan.

1.2.2 Injection Molding

Injection molding adalah metode pembentukan material termoplastik dimana material yang meleleh karena pemanasan diinjeksikan oleh *plunger* ke dalam cetakan kemudian didinginkan oleh air sehingga mengeras. Secara umum pengertian *injection molding* adalah proses pembentukan suatu benda atau produk dari material plastik yang dipanaskan dan diinjeksikan kedalam cetakan atau *mold*. *Mold* plastik pada prinsipnya adalah suatu alat (*tool*) yang digunakan untuk membuat komponen – komponen dari material plastik dengan mesin injeksi plastik. Faktor yang paling berpengaruh dalam proses *injection molding* yaitu luas penampang, ketebalan, *insert* yang panjang, tuntutan ukuran (toleransi) yang sesuai dan pemilihan material (Oktaviandi, 2013).

1.2.3 Sink mark

Sink mark adalah cacat yang membentuk lekukan pada produk, yang timbul pada dinding produk yang tebal atau pertemuan antara dinding dan sirip yang membentuk bagian yang menebal pada daerah tersebut (Sutiawan, 2013).

Penyebab :

a) Temperatur barel terlalu tinggi, sehingga penyerapan panas oleh dinding cetakan terlalu besar dan mengakibatkan meningkatnya daerah yang kosong antar molekul plastik. Pada saat pendinginan, bagian permukaan akan mengeras dan molekul plastik yang berada dibawahnya akan mengisi kekosongan dan menarik kulit permukaan tersebut kearah dalam semakin besar
b) Kekosongan yang terjadi, semakin besar derajat penyusutannya dan *sink mark* terbentuk semakin besar.
c) Tekanan yang rendah atau waktu injeksi yang kurang, sehingga menyebabkan terbentuknya kekosongan yang berlebihan antar molekul dan menarik material yang telah dingin dan menyebabkan penyusutan berlebih.
d) Pembukaan cetakan terlalu cepat sehingga waktu pendinginan menjadi kurang.

2. Metodologi

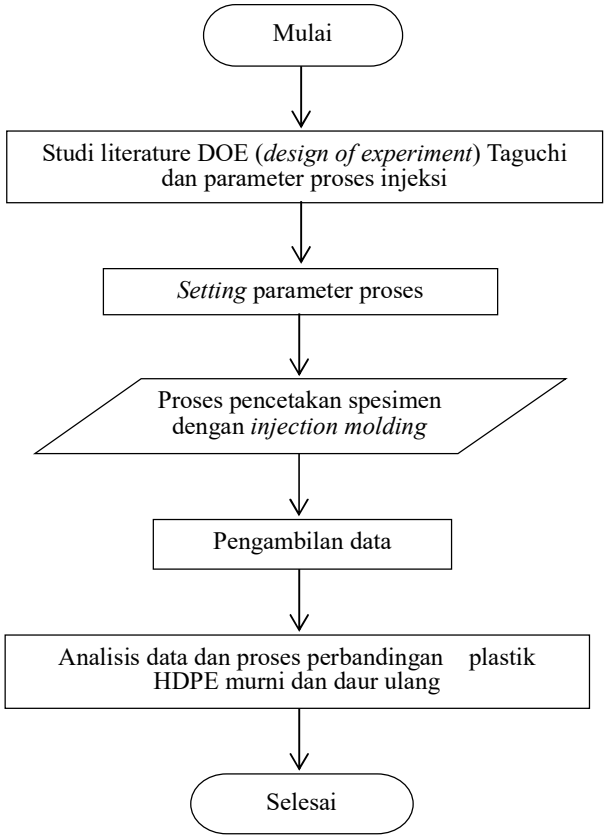
2.1 Metode (*design of experiment*) DOE Taguchi

Metode ini digunakan untuk mengelompokkan parameter-parameter yang berpengaruh pada proses dan tingkatan-tingkatan yang perlu diberi variasi, dengan metode *design of experiment* dapat mengkombinasi antara faktor – faktor dan variabel yang berpengaruh untuk meningkatkan kualitas produk. Hal ini dikarenakan *design of experiment* mengumpulkan beberapa faktor dan variabel untuk mendapatkan komposisi parameter yang paling tepat, sehingga dengan menggunakan metode *design of experiment* dan metode Taguchi bisa mendapatkan variasi parameter proses yang paling optimal untuk meningkatkan kualitas produk.

2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam peneltian ini adalah Mesin *Injection molding,software* minitab,*mold release, termo infrared, dial gauge,* mikroskop *olympus sz 61, kunci inggris, dan kunci L.*

2.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram alir

2.4 Pemilihan Variasi Parameter

Untuk menentukan variasi parameter proses yang digunakan yaitu dengan menggunakan metode (DOE)Taguchi didapatkan empat variasi dan tiga level perubahan yang dimaksud dengan empat variasi adlah empat variable parameter sedangkan tiga level perubahan adalah tiga nilai perubahan pada setiap variabel parameter. Berikut ini adalah parameter yang digunakan diantaranya yaitu *melting temperature*, *holding pressure*, *injection pressure*, dan *cooling time* yang akan digunakan dalam pembuatan produk plastik, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah.

Tabel 1 Parameter Proses

Faktor	Parameter	Satuan	Level 1	Level 2	Level 3
A	*Melting temperture*	°C	160	165	170
B	*Injection pressure*	Bar	130	133	136
C	*Holding pressure*	Bar	85	90	95
D	*Cooling time*	Detik	20	23	26

2.5 Desain Faktorial

Penetapan desain faktorial dalam penelitian ini didapatkan dari variasi parameter menggunakan *siftware* minitab yaitu dengan variasi tiga *level* dan empat variabel sehingga didapat 9 percobaan. Tiga *level* artinya adalah terdapat tiga perubahan dalam setiap faktor, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah.

Tabel 2 Desain factorial

Faktor Percobaan	Level parameter proses			
	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

3. Hasil dan Analisa Penelitian

3.1 Hasil Pengukuran Nilai *Sink Mark* Paling Optimal HDPE Murni

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan didapatkan hasil nilai *sink mark* paling optimal pada material HDPE murni terdapat pada percobaan ke 2 dengan nilai rata – rata *sink mark, transversal, near gate* dan *far gate* sebesar 0,045 mm, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah.

Table 3 Nilai *Sink mark* optimum HDPE murni

No	Nilai *Sink mark* optimum HDPE murni (mm)			
	transversal	*Near gate*	*far gate*	rata-rata
2	0,036	0,04	0,06	0,045

3.2 Hasil Pengukuran Nilai *Sink Mark* Paling Optimal HDPE Daur Ulang

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan didapatkan hasil nilai *sink mark* paling optimal pada material HDPE daur ulang terdapat pada percobaan ke 5 dengan nilai rata – rata rata *sink mark, transversal, near gate* dan *far gate* sebesar 0,06 mm, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 dibawah.

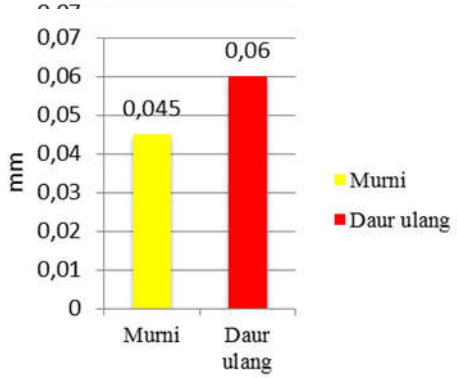
Table 4 Nilai *sink mark* optimum HDPE daur ulang

No	Nilai Sink mark optimum HDPE daur ulang (mm)			
	transversal	*Near gate*	*far gate*	rata-rata
5	0,06	0,05	0,08	0,06

3.3 Perbandingan Hasil Pengukuran Nilai *Sink Mark* Paling Optimal HDPE Murni dengan Daur Ulang

Berdasarkan dari hasil pengukuran dan perhitungan nilai *sink mark* material HDPE murni dan nilai *sink mark* pada material HDPE daur ulang dengan menggunakan variasi parameter yang sama didapatkan hasil penelitian yang berbeda, yaitu nilai *sink mark* material plastik HDPE murni sebesar 0,045 mm sedangkan material plastik daur ulang sebesar 0,06 mm. Hal tersebut dikarenakan *sink mark* pada material daur ulang lebih besar yang disebabkan oleh kurangnya *holding pressure* pada saat pembuatan produk plastik yang mengakibatkan terdapat lekukan / cekungan yang berada di permukaan produk lebih besar dibandingkan dengan material murni dan menyebabkan derajat penyusutan (*shrinkage*) lebih besar, cacat *shrinkage* berbanding lurus dengan *sink mark*, sehingga material HDPE daur ulang tidak bisa menyamai kualitas HDPE murni, dan dapat disimpulkan bahwa perbandingan analisis cacat *sink mark* pada material plastik HDPE murni dan daur ulang dengan menggunakan variasi parameter yang sama didapatkan data hasil pengukuran yang berbeda.

Perbandingan nilai *sink mark* optimum plastik HDPE murni dan daur ulang dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah.



Gambar 2 Grafik perbandingan

3.4 Analisis Parameter yang Paling Optimal HDPE Murni

Variasi parameter proses yang paling optimal

pada material HDPE murni terdapat pada percobaan ke 2 dikarenakan dengan melakukan pengukuran dari semua produk pada setiap percobaan didapatkan nilai *sink mark* paling optimal terdapat pada percobaan ke 2 dan dengan variasi parameter proses DOE (*design of experiment*) didapatkan kombinasi variasi parameter yang paling tepat untuk membuat produk plastik yaitu spesimen *multipurpose* dengan variasi parameter seperti pada Tabel 5 sebagai berikut :

Tabel 5 Parameter paling optimal murni

Faktor	Level parameter proses			
	A	B	C	D
Percobaan ke	*Melting temperture* (ºC)	*Injection pressure* (bar)	*Holding pressure* (bar)	*Cooling time* (detik)
2	160	133	90	23

3.5 Analisis Parameter yang Paling Optimal HDPE Daur Ulang

Variasi parameter proses yang paling optimal pada material HDPE daur ulang terdapat pada percobaan ke 5 dikarenakan dari variasi parameter proses DOE (*design of experiment*) didapatkan kombinasi variasi parameter yang paling tepat untuk membuat produk plastik yaitu spesimen *multipurpose* dengan variasi parameter seperti pada Tabel 6 sebagai berikut :

Tabel 6 Parameter paling optimal daur ulang

Faktor	Level parameter proses			
	A	B	C	D
Percobaan ke	*Melting temperture* (ºC)	*Injection pressure* (bar)	*Holding pressure* (bar)	*Cooling time* (detik)
5	165	133	95	20

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan nilai *sink mark* material HDPE murni dan nilai *sink mark* pada material HDPE daur ulang dengan menggunakan variasi parameter yang sama didapatkan hasil penelitian yang berbeda, yaitu nilai *sink mark* material plastik HDPE murni sebesar 0,045 mm sedangkan material plastik daur ulang sebesar 0,06 mm. *Sink mark* pada material daur ulang lebih besar dikarenakan terdapat lekukan / cekungan yang berada di permukaan produk lebih besar dibandingkan dengan material murni dan mengakibatkan derajat penyusutan (*shrinkage*) lebih besar, cacat *shringkage* berbanding lurus dengan *sink mark*, dikarenakan apabila semakin besar cacat *sink mark* pada produk mengakibatkan semakin besar pula (derajat/persentase penyusutan) cacat *shrinkage* yang terjadi, sehingga dapat disimpulkan material HDPE daur ulang tidak bisa menyamai kualitas HDPE murni.

DAFTAR PUSTAKA

1. Cahyadi, D. 2010. *Analisis parameter operasi pada proses plastik injection molding untuk pengendalian cacat produk*. Jurnal Sintek 8. 2, 8 - 16.
2. Hakim, A. R. 2015. *Pengaruh Suhu, Tekanan dan Waktu Pendinginan Terhadap Cacat Warpage Produk Berbahan Plastik*.
3. Hartono, M. 2012. *Meningkatkan mutu produk plastik dengan metode taguchi.* Jurnal Teknik Industri, 13, 1. 93 – 100.
4. Kale, Harshal, Umesh, Hambire. 2013. *Optimization of Injection Molding Process Parameter for Reducing Shrinkage by Using High Density Polyethylene (HDPE) Material.* International Journal of Science and Research (IJSR) 4, 5. 722 - 725.
5. Naik, L, Ravi, Gaviyappa, Utthanoor, Shivaraj, and Vishwanath. 2014. *A Study on Reducing the Sink mark in Plastic Injection Moulding - Taguchi Technique*. International Journal of Engineering Research and Development. 10, 3. 40- 43.
6. Soejito, I. 2009. *Desain Experimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta : Garaha Ilmu. 19 – 22.
7. Sugondo, A, Willyanto, dan Hardianto. 2007. *Minimalisasi Cacat dengan Pengaturan Tekanan Terhadap Kualitas Produk pada Proses Injection Molding dengan* Menggunakan Simulasi. Jurnal Teknosim.
8. Pujari, G, Naik. 2016. *Optimization Of Parameters & Minimization Of Defect By Applying Taguchi & Moldflow Method For Injection Molding Component.* International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science,03, 01. 95 – 101.
9. Wahjudi, D, dan Gan. 2001. *Optimasi Proses Injeksi dengan Metode Taguchi*. Jurnal Teknik Mesin, 3,1. 24 – 28.
10. Arnan, D, Kumar, Nasihun, Dharmendra. 2015. *Practical Application of Taguchi Method for Optimization of Process Parameter in Injection Molding Machine for PP Material*. 02, 04.264 – 268.