

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

Raihan Ghanim^{1,a}, Cahyo Budiyanoro^{1,b}, Harini Sosiati^{1,c}

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

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

^araihanghanim@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan nilai cacat *sink mark* produk plastik *low density polyethylene* (LDPE) murni dengan LDPE daur ulang dengan meningkatkan mutu kualitas menggunakan proses *injection molding*. Metode *design of experiment* (DOE) Taguchi digunakan untuk mendapatkan variasi parameter proses paling optimal, parameter proses yang berpengaruh terhadap cacat *sink mark* adalah *injection pressure*, *melting pressure*, *holding pressure*, dan *cooling time*. Penelitian ini mendapatkan hasil nilai *sink mark near* dan *far gate* pada produk plastik LDPE murni sebesar 0,04 mm dan LDPE daur ulang 0,08 mm.

Kata kunci: LDPE, DOE, *injection molding*.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri plastik saat ini sangat pesat, yang disebabkan oleh teknologi zaman modern berkembang sangat cepat sehingga produk plastik sangat mudah untuk dioptimalkan. Dalam perkembangan industri plastik peningkatan kualitas produk plastik adalah faktor paling penting. Optimalisasi parameter proses digunakan untuk memperbaiki kualitas produk dalam industri manufaktur plastik (Kavade, 2012). (Naik, 2014) meneliti tentang meminimalkan cacat *sink mark* dengan *injection molding* menggunakan metode Taguchi. Variasi parameter yang berpengaruh pada cacat *sink mark* adalah temperatur leleh, tekanan injeksi, kecepatan injeksi, dan waktu pendinginan. Penelitian yang dilakukan Naik diatas hanya variasi parameter saja yang berpengaruh pada cacat *sink mark* sedangkan parameter yang paling berpengaruh belum ditambahkan. Penelitian (Lal, 2013) tentang optimalisasi parameter *injection molding* pada material LDPE menghasilkan persentase *shrinkage* optimum 1,25%, dengan temperatur leleh 190 °C, tekanan injeksi 55 Mpa, *refilling pressure* 85 Mpa, dan waktu pendinginan 11 detik. Waktu pendinginan dan *refilling pressure* menjadi parameter yang paling berpengaruh terhadap *shrinkage* LDPE. Penelitian Lal untuk analisa cacat *shrinkage* material LDPE saja sebagai kecacatan yang diaplikasikan sedangkan untuk analisa cacat *sink mark* material LDPE murni dan daur ulang belum dilakukan lebih lanjut. Maka dari itu penelitian tentang komparasi parameter proses paling optimum pada material LDPE murni dan daur ulang perlu dilakukan lebih lanjut untuk mengetahui perbandingan cacat *sink mark* dengan variasi parameter yang sama menggunakan material LDPE murni dan daur ulang dengan parameter proses paling optimum. Penelitian dilakukan untuk memberikan informasi lebih mendalam tentang perbandingan analisa cacat *sink mark* pada material LDPE murni dan daur ulang, dengan mengatur dan mengkombinasikan variasi parameter dengan level yang ditentukan. *Melting temperature*, *injection pressure*, *holding pressure*, dan *cooling time* adalah variasi parameter yang digunakan. Penelitian ini diharapkan menjadi rekomendasi atau acuan

tambahan untuk membandingkan produk plastik LDPE murni dan daur ulang dengan variasi parameter proses yang paling optimal dengan *injection molding* agar mengetahui material LDPE daur ulang apakah dapat menyamai kualitas dari material LDPE murni.

1.2 Dasar Teori

1.2.1 LDPE

Polietylena berdensitas rendah *low density polyethylene* (LDPE) adalah termoplastik yang terbuat dari minyak bumi. Pertama kali diproduksi oleh *Imperial Chemical Industries* (ICI) pada tahun 1933 menggunakan tekanan tinggi dan polimerisasi radikal bebas. LDPE dapat didaur ulang, dan memiliki nomor 4 pada simbol daur ulang. LDPE dicirikan dengan densitas antara 0.910-0.940 g/cm³ dan tidak reaktif pada temperatur kamar, kecuali oleh oksidator kuat dan beberapa jenis pelarut dapat menyebabkan kerusakan. LDPE dapat bertahan pada temperatur 90 °C dalam waktu yang tidak terlalu lama (Moerbani, 1999).

1.2.2 Injection Molding

Injection molding adalah metode pembentukan material termoplastik dimana material yang meleleh karena pemanasan diinjeksikan oleh *barrel* 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*, pada prinsipnya adalah suatu alat 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 (Didit, 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). Penyebabnya adalah

temperatur *barrel* 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. Kekosongan yang terjadi, semakin besar derajat penyusutannya dan *sink mark* terbentuk semakin besar. 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. Pembukaan cetakan terlalu cepat sehingga waktu pendinginan menjadi kurang.

2. Metodologi

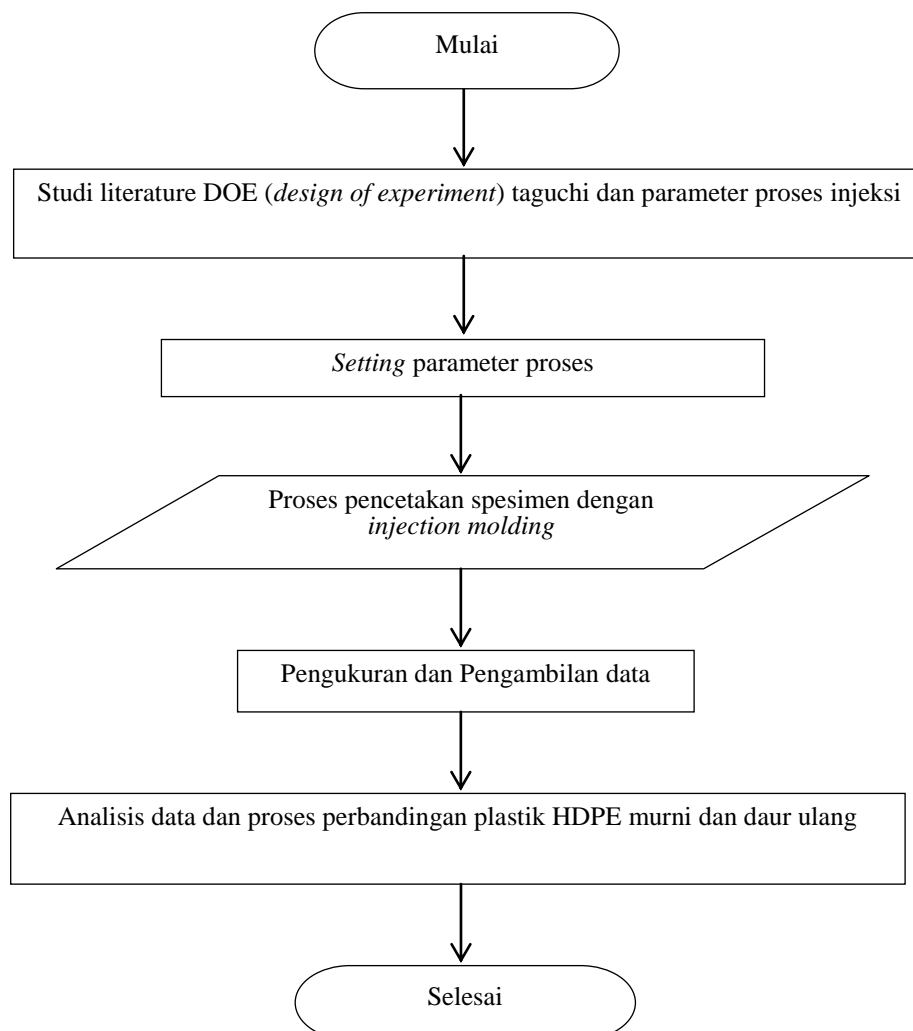
2.1 Metode (*design of experiment*) DOE Taguchi

2.3 Diagram Alir Penelitian

Dengan metode *design of experiment* (DOE) dapat mengkombinasikan antara faktor-faktor dan variabel yang berpengaruh untuk meningkatkan kualitas produk. Hal ini dikarenakan DOE dapat mengumpulkan beberapa faktor dan variabel untuk mendapatkan komposisi parameter yang paling tepat, sehingga dengan menggunakan metode DOE dan metode taguchi mendapatkan variasi parameter proses yang paling optimal untuk meningkatkan kualitas produk (Soejito, 2009).

2.2 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah LDPE *Cosmothene* F401-1. Alat yang digunakan adalah mesin *injection Molding*, *software minitab*, *mold release*, *dial gauge*, *mini thermo infrared*, kunci Inggris dan kunci L.



Gambar 1 Diagram alir

2.4 Pemilihan variasi parameter

Pemilihan parameter proses yang tepat didapatkan dari data *sheet* LDPE *cosmothene* F410-1 *The Polyolefin Company Singapore* dan dari buku *Arburg Practical to Injection Moulding* (Vannessa Goodship, 2004) serta pembicaraan secara personal dengan *setter* mesin di perusahaan produsen plastik YPTI di Yogyakarta, dan serangkaian percobaan (*trial*) pada saat melakukan *setting* parameter di mesin injeksi. Variasi parameter yang digunakan adalah dengan metode statistik Taguchi adalah empat variasi yang paling berpengaruh pada cacat *sink mark* diantaranya yaitu *melting point*, *holding pressure*, *injection pressure*, dan *cooling time* dan tiga nilai perubahan pada setiap variabel. Pemilihan parameter proses dapat dilihat di tabel 1.

Tabel 1 Parameter Proses

Faktor	Parameter	Satuan	Level 1	Level 2	Level 3
A	<i>Temperature melting</i>	°C	155	150	145
B	<i>Injection pressure</i>	Bar	120	125	130
C	<i>Holding pressure</i>	Bar	80	85	90
D	<i>Cooling time</i>	<i>Second</i>	15	20	25

2.5 Desain Faktorial

Penetapan desain faktorial dalam penelitian ini didapatkan dari variasi parameter menggunakan *sftware* *minitab* yaitu dengan variasi tiga *level* dan empat variabel sehingga didapat 9 percobaan. Tiga *level* artinya adalah terdapat tiga perubahan dalam setiap faktor. Desain faktorial dapat dilihat di tabel 2.

Tabel 2 Desain faktorial

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 LDPE 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 near* dan *far gate* sebesar 0,065 mm. Rata-rata *sink mark* LDPE murni dapat dilihat di tabel 3.

Table 3 Nilai *sink mark* optimum LDPE murni

No	Nilai <i>Sink mark</i> optimum LDPE murni (mm)		
	<i>Near gate</i>	<i>Far gate</i>	Rata-rata
2	0,04	0,09	0,065

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

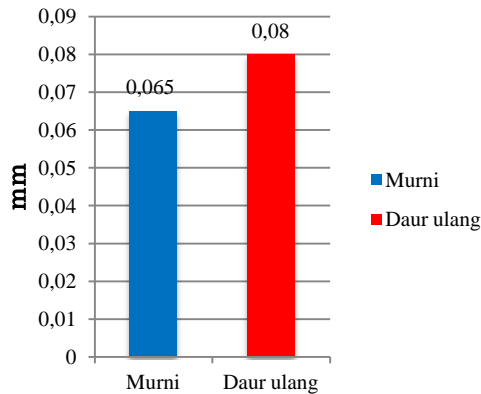
Berdasarkan pengukuran yang dilakukan didapatkan hasil nilai *sink mark* paling optimal pada material HDPE daur ulang terdapat pada percobaan ke 5 dengan nilai rata-rata *sink mark* dan *far gate* sebesar 0,08 mm. Rata-rata *sink mark* LDPE daur ulang dapat dilihat di tabel 4.

Table 4 Nilai *sink mark* optimum LDPE daur ulang

No	Nilai <i>Sink mark</i> optimum LDPE daur ulang (mm)		
	<i>Near gate</i>	<i>Far gate</i>	Rata-rata
5	0,06	0,1	0,08

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

Pada percobaan ke 2 didapatkan produk plastik LDPE murni dan percobaan ke 5 produk LDPE daur ulang yang paling optimal dari segi kecacatan *sink mark*. Hal tersebut dapat dilihat dengan menggunakan variasi parameter yang sama didapatkan data hasil pengukuran yang berbeda, dikarenakan *sink mark* yang terdapat pada material daur ulang lebih besar dan terdapat lekukan/cekungan yang berada di permukaan produk lebih besar dibandingkan dengan material LDPE murni dan mengakibatkan derajat penyusutan (*shrinkage*) lebih besar, cacat *shrinkage* berbanding lurus dengan *sink mark*, sehingga produk plastik LDPE daur ulang tidak bisa menyamai kualitas LDPE murni. Kurangnya *holding pressure* pada variasi parameter menyebabkan *sink mark* di daerah *far gate* lebih besar dibandingkan *near gate* dikarenakan jarak tempuh resin cair dari *near gate* ke *far gate* berbeda/jauh, hal ini dapat diatasi dengan memperbesar nilai *holding pressure*. Perbandingan nilai *sink mark* optimum plastik LDPE murni dan daur ulang dapat dilihat pada gambar 3.1 grafik perbandingan dibawah.



Gambar 2 Grafik perbandingan nilai *sink mark* LDPE murni dengan daur ulang

3.4 Analisis Parameter yang Paling Optimal LDPE Murni

Dapat ditentukan untuk mengetahui variasi parameter proses yang paling optimal dari cacat *sink mark* LDPE murni adalah dengan melakukan pengukuran terhadap semua produk plastik yang mana terdapat pada percobaan ke 2 dikarenakan dari variasi parameter proses DOE (*design of experiment*) didapatkan kombinasi variasi parameter yang paling tepat dengan variasi parameter sebagai berikut :

Tabel 5 Parameter paling optimal murni

Faktor	Level parameter proses			
	A	B	C	D
Percobaan ke	Melting temperature (°C)	Injection pressure (bar)	Holding pressure (bar)	Cooling time (s)
2	155	125	85	20

3.5 Analisis Parameter yang Paling Optimal LDPE Daur Ulang

Dapat ditentukan untuk mengetahui variasi parameter proses yang paling optimal dari cacat *sink mark* LDPE daur ulang terdapat pada percobaan ke 5 dikarenakan dari variasi parameter proses DOE (*design of experiment*) didapatkan kombinasi variasi parameter yang paling tepat dengan variasi parameter sebagai berikut :

Tabel 6 Parameter paling optimal daur ulang

Faktor	Level parameter proses			
	A	B	C	D
Percobaan ke	Melting temperature (°C)	Injection pressure (bar)	Holding pressure (bar)	Cooling time (s)
5	150	125	90	15

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisa penelitian untuk mengetahui cacat *sink mark* yang paling besar dan paling kecil, optimum dan minimum dengan pengukuran nilai cacat *sink mark* menggunakan alat ukur kerataan (*dial gauge*). Nilai *sink mark* pada material LDPE murni paling optimal adalah percobaan ke 2 dengan variasi parameter *melting temperature* 155 °C, *injection pressure* 125 bar, *holding pressure* 80 bar, dan *cooling time* 20 detik dan untuk material LDPE *recycled* adalah percobaan ke 5 dengan variasi parameter parameter *melting temperature* 150 °C, *injection pressure* 125 bar, *holding pressure* 90 bar, dan *cooling time* 15 detik. *Sink mark* yang terdapat pada material daur ulang lebih besar dan terdapat lekukan/cekungan yang berada di permukaan produk lebih besar dibandingkan dengan material LDPE murni dan mengakibatkan derajat penyusutan (*shrinkage*) lebih besar, cacat *shrinkage* berbanding lurus dengan *sink mark*, sehingga produk plastik LDPE daur ulang tidak bisa menyamai kualitas LDPE murni.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyadi, D 2010. *Analisis Parameter Operasi pada Proses Plastik Injection Molding untuk Pengendalian Cacat Produk*. Jurnal Sintek 8 2 8-16.
- Dwidedi, A, Kumar, Nasihun, Dharmendra 2015. *Practical application of Taguchi method for optimization of process parameters in Injection Molding Machine for PP material*. 2 4 264-268.
- Hakim, A R 2015. *Pengaruh Suhu, Tekanan dan Waktu Pendinginan Terhadap Cacat Warpage Produk Berbahan Plastik*. 1-12.
- Hartono, M. 2012 “Meningkatkan Mutu Produk Plastik Dengan Metode Taguchi. 13 1 93-100.
- Lal, K, Vasudevan 2013. *Optimization of Injection Moulding Process Parameters in the Moulding of Low Density Polyethylene (LDPE)*. 7 5 35-39.
- Naik, L, Chikmeti, Gaviyappa, Utthanoor, Shivaraj, 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
- Pujari, V, Naik 2015. *Meminimalkan Cacat Sink Mark di Mesin Injeksi Molding Menggunakan Metode Taguchi*. 3 1 95-101.
- Sugondo, A, Willyanto, Ian 2007. *Minimalisasi Cacat dengan Pengaturan Tekanan Terhadap Kualitas Produk pada Proses Injection Molding dengan Menggunakan Simulasi*. Jurnal Tekno Sim 34-40.
- Soejito, I. 2009. *Desain Experimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu 13-22
- The Polyolefin Company 2009. *Cosmothene F410-1 LDPE*.
- Vannessa, G 2004. *Arburg Practical to Injection Moulding*. United Kingdom: Rapra Technology.
- Wahjudi, D, Gan, Yohan 2001. *Optimasi Proses Injeksi dengan Metode Taguchi*. 3 1 24-28.