

OPTIMASI BERAT PRODUK KURSI PLASTIK DENGAN PROSES INJECTION MOLDING

Haryanto Gani, Soejono Tjitro, Gan Shu San
Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131 Surabaya, 60236
Telp. 31-8439040, Fax. 31-8417658
stjitro@peter.petra.ac.id

Abstrak

PT. XYZ memproduksi kursi plastik tipe espana dengan komposisi 75% bijih plastik murni, 15% avalan pellet plastik dan 10 % caltex. Berat ideal kursi plastik yang diinginkan PT. XYZ adalah $0,875 \pm 0,015$ kg dengan kondisi kursi plastik yang dihasilkan memenuhi persyaratan. Saat ini, PT. XYZ memerlukan waktu yang lama untuk mendapatkan setting parameter proses. Makalah ini bertujuan untuk menentukan variable setting yang paling optimal agar mendapat berat kursi ideal.

Jenis produk yang dianalisa adalah kursi plastik jenis espana dengan mesin injection molding merk Kawaguchi KM650. Parameter proses yang diamati adalah injection stroke, holding stroke dan holding time. Proses optimasi menggunakan desain factorial dengan 3 level dan 3 replikasi. Penentuan level masing-masing parameter proses pada tahap awal ditentukan berdasarkan pengamatan di lapangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa injection stroke, holding stroke dan holding time merupakan variable yang signifikan berpengaruh terhadap berat kursi plastik. Nilai setting yang optimal agar mendapat berat kursi plastik $0,875$ kg adalah injection stroke 215 mm, holding stroke 52 mm dan holding time 5,5 detik

Kata kunci: optimasi, injection molding, desain faktorial

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi mesin injection molding yang semakin pesat berimbas terhadap semakin luasnya pemakaian material plastik untuk produk-produk manufaktur. Satu dari sekian produk manufaktur yang memanfaatkan material plastik adalah produk furniture. Sebelum bahan plastik, bahan furniture terutama kursi atau meja sering menggunakan bahan kayu atau logam. Satu dari sekian pertimbangan pemilihan bahan plastik untuk produk kursi menggantikan bahan kayu adalah ringan. Namun demikian, pada kondisi saat ini harga bahan baku plastik cenderung meningkat. Alternatif yang dilakukan oleh beberapa industri yang bergerak di bidang injection molding adalah penghematan penggunaan bahan baku bijih plastik murni dengan mencampurkan plastik avalan serta penambahan beberapa aditif.

PT XYZ memproduksi kursi plastik dimana berat ideal kursi plastik yang diharapkan adalah $0,875 \pm 0,015$ kg. Waktu setting parameter proses injection molding untuk mendapatkan berat ideal sekitar 3-4 jam. Hal ini berdampak terhadap waktu siklus produk kursi plastik semakin lama. Pada akhirnya, hal tersebut di atas berpengaruh terhadap biaya produksi.

Hidajat (2005) yang melakukan penelitian Studi Penentuan Parameter Proses Pembuatan Kursi Plastik dengan Proses Injection Molding menunjukkan bahwa ada 8 (delapan) parameter proses yang diduga berpengaruh. Namun, variabel yang berpengaruh terhadap berat kursi plastik hanya 3 (tiga) variabel, yaitu injection stroke, holding stroke dan holding time. Penelitian Hidajat belum mendapatkan berapa nilai setting ketiga variabel yang optimum untuk berat kursi plastik.

Tujuan makalah ini adalah mendapatkan nilai setting ketiga variabel yang telah disebutkan di atas paling optimal untuk mendapatkan berat kursi yang ideal.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Komposisi bahan plastik yang digunakan selama ini adalah 75% bijih plastik murni, 15% avalan pellet plastik dan 10% caltex. Mesin injection molding yang digunakan penelitian ini merk Kawaguchi KM650 dalam kondisi baik. Tipe kursi yang dipilih untuk penelitian adalah tipe espana dengan pertimbangan bahwa tipe kursi ini paling banyak diproduksi oleh PT. XYZ.

Metode eksperimen yang digunakan untuk proses optimasi adalah metode desain faktorial 3

level (3^k) dengan 3 replikasi. Desain faktorial 3 level memberikan hasil yang jelas pada grafik hubungan antara respon dengan faktor, karena ada kemungkinan grafik berbentuk kurva atau garis patah dimana puncak dari respon tampak jelas. Variabel penelitian yang diamati adalah *injection stroke* (dikodekan dengan A), *holding stroke* (dikodekan dengan B) dan *holding time* (dikodekan dengan C)

Nilai level *injection stroke* sebagai berikut: Nilai bawah (dikodekan dengan 1) diambil 200 mm, nilai tengah (dikodekan dengan 2) 215 mm dan nilai atas (dikodekan dengan 3) 250 mm. Nilai level *holding stroke* untuk nilai bawah, nilai tengah dan nilai atas masing-masing 40, 50 dan 60 mm. Sedangkan nilai level *holding time* masing-masing 4,5 detik, 5,5 detik dan 6,5 detik untuk nilai bawah, nilai tengah dan nilai atas. Jumlah data yang diambil sebanyak 81 *run*.

3. HASIL PENELITIAN

Tabel 1 memperlihatkan berat kursi plastik yang didapatkan dengan memvariasi 3 parameter proses *injection molding*.

Tabel 1. Berat kursi plastik tipe espana (kg)

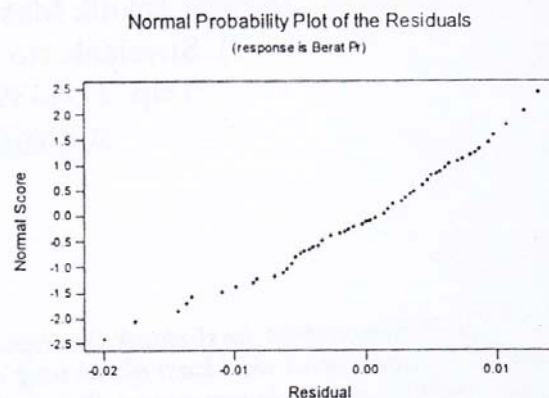
Injection Stroke (mm)	Holding Stroke (mm)								
	45 (1)			50 (2)			65 (3)		
	Holding Time (detik)			Holding Time (detik)			Holding Time (detik)		
200 (1)	4,5 (1)	5,5 (2)	6,5 (3)	4,5 (1)	5,5 (2)	6,5 (3)	4,5 (1)	5,5 (2)	6,5 (3)
	0,867	0,874	0,875	0,863	0,869	0,872	0,864	0,869	0,878
	0,869	0,862	0,88	0,859	0,866	0,879	0,846	0,851	0,874
215 (2)	0,881	0,868	0,876	0,856	0,868	0,875	0,853	0,876	0,868
	0,869	0,878	0,883	0,886	0,874	0,887	0,867	0,874	0,882
	0,879	0,878	0,885	0,876	0,883	0,879	0,85	0,877	0,892
230 (3)	0,876	0,873	0,871	0,879	0,883	0,863	0,848	0,866	0,883
	0,875	0,888	0,896	0,882	0,887	0,891	0,87	0,881	0,885
	0,875	0,894	0,895	0,876	0,864	0,881	0,882	0,871	0,884
	0,869	0,861	0,879	0,864	0,882	0,887	0,872	0,878	0,858

Berdasarkan hasil analisa varian (Anova) memperlihatkan bahwa *injection stroke*, *holding stroke* dan *holding time* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap respon (berat kursi plastik). Pada tabel 2 terlihat nilai F_0 dari masing-masing variasi lebih besar dibanding F_{tabel} . Namun interaksi parameter proses tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap respon. Koefisien determinasi (R^2) didapatkan sebesar 0,604, hal ini berarti 60,4% dari variabilitas berat produk dipengaruhi oleh *injection stroke*, *holding stroke* dan *holding time*.

Tabel 2. Hasil pengolahan anova

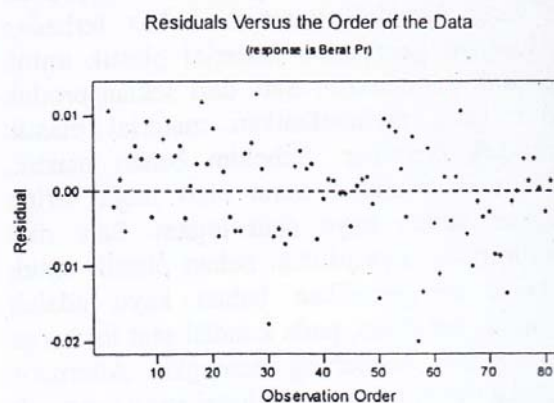
Variasi	SS	DOF	MS	F_0	F_{tabel}
A	0,0016312	2	0,0008156	11,99	3,17
B	0,0006269	2	0,0003134	4,61	3,17
C	0,0017254	2	0,0008627	12,68	3,17
AB	0,0001259	4	0,315	0,46	2,55
AC	0,0000452	4	0,113	0,17	2,55
BC	0,0002693	4	0,673	0,99	2,55
ABC	0,0011797	8	0,0001475	2,17	2,18
Error	0,0036747	54	0,0000680		
Total	0,0092782	80			

Gambar 1 memperlihatkan penyimpangan yang terjadi pada grafik normal. Secara umum garis besar penyimpangan yang terjadi pada grafik normal adalah sangat kecil, sehingga grafik probabilitas normal dapat didekati dengan regresi linear ke kanan atas dengan penyimpangan yang kecil. Hal ini menunjukkan variasi residual terdistribusi dan tersebar dengan menurut distribusi normal.



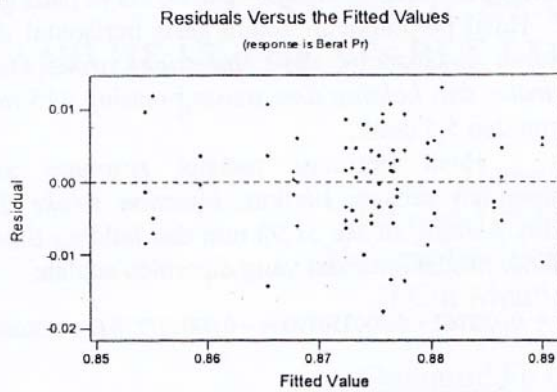
Gambar 1. Grafik probabilitas normal

Pada grafik *residual versus order of the data* dapat dilihat bagaimana penyebaran nilai residual terhadap pengambilan data. Grafik yang didapat pada menunjukkan bahwa penyebaran nilai residual terdistribusi secara acak pada setiap urutan pengambilan data. Dengan demikian tidak terdapat adanya kecenderungan nilai residual pada nomor pengambilan data tertentu yang akan mengakibatkan biasanya data yang diperoleh. Sehingga dapat disimpulkan bahwa prosedur penelitian dan pengambilan data cukup valid.



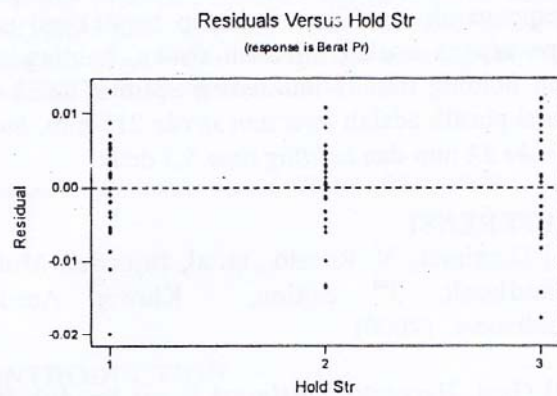
Gambar 2. Grafik residual

Gambar 3 memperlihatkan grafik yang menunjukkan hubungan antara nilai residual dengan hasil respon yang didapat dalam pengambilan data. Titik-titik menyebar merata di sekitar 2 garis sejajar di daerah 0,0 dan tidak terlihat adanya kecenderungan untuk membentuk pola tertentu. Hal ini menyatakan bahwa proses yang homogen, dimana tidak terjadi pengelompokan karakteristik proses.

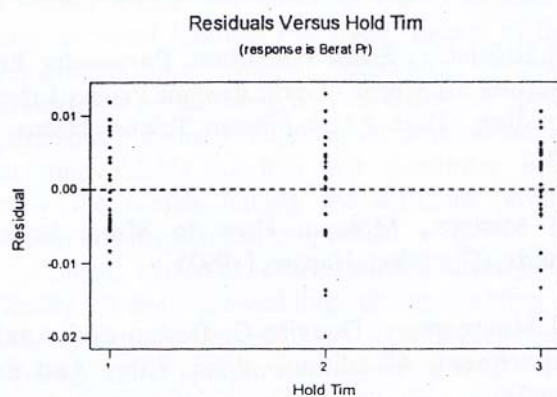


Gambar 3. Grafik penyebaran titik residual

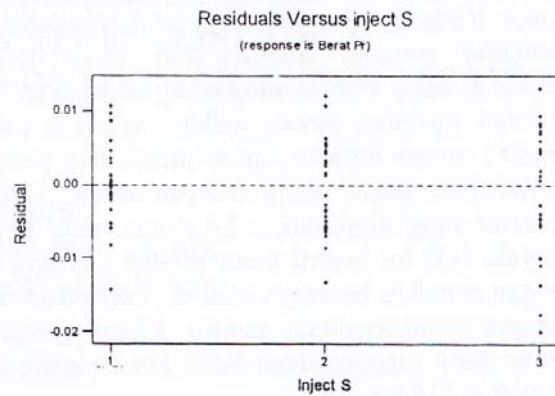
Gambar 4 menunjukkan residual terhadap level dari tiap faktor. Hasil yang diperoleh menggambarkan tidak ada perbedaan yang mencolok pada variansi tiap level. Hal ini berarti tidak ada kecenderungan tertentu dari data menuju nilai tertentu diluar normal.



(a)



(b)

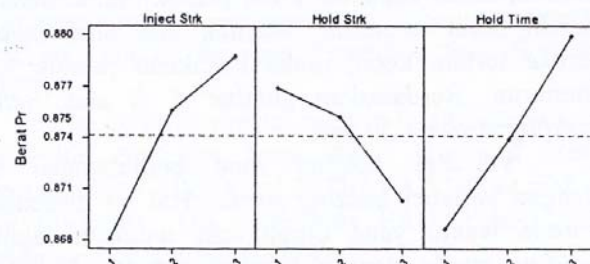


(c)

Gambar 4. Grafik residual terhadap level tiap faktor

Gambar grafik *main effect plot* menggambarkan secara langsung hubungan antara variabel-variabel parameter proses dengan nilai respon. Pada grafik ini terlihat bahwa ketiga variabel yang digunakan untuk penelitian memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap respon. Hal ini ditandai dengan adanya kemiringan garis yang cukup besar dari tiap faktor terhadap respon. Variabel *injection stroke*, dan *holding time* memiliki kemiringan garis yang lebih besar, dibandingkan dengan *holding stroke* sehingga perubahan nilai pada kedua variabel tersebut memberikan pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan perubahan nilai variabel *holding stroke*. Berdasarkan hasil dari *main effect plot* dapat diperkirakan *setting* yang paling optimal untuk nilai respon yang dikehendaki.

Main Effects Plot - Data Means for Berat Pr



Gambar 5. Grafik *main effect plot*

4. DISKUSI

Injection stroke merupakan variabel yang paling penting dalam proses *injection molding*, dan umumnya di *setting* pertama kali dalam persiapan proses. Hal ini disebabkan karena variabel ini berkaitan langsung dengan banyaknya material yang akan diinjeksikan ke dalam *mold* untuk menghasilkan produk yang sempurna. Pengaturan secara presisi untuk variabel ini sangat dibutuhkan untuk

menghindari cacat produk ataupun pemakaian material yang berlebihan.

Volume material yang diinjeksikan ke dalam *mold* ditentukan dengan mengalikan antara luas penampang dari *screw* dengan panjang langkah dari *screw*. Variabel *injection stroke* adalah variabel yang mengatur panjang langkah dari *screw* tersebut. Semakin besar nilai *setting* yang digunakan untuk variabel *injection stroke* maka semakin panjang langkah *screw* mundur untuk melakukan pengisian material ke dalam ruang didepan *screw*. Sehingga material yang diinjeksikan ke dalam *mold* semakin banyak. Hal ini berarti berat produk semakin berat dengan semakin besarnya nilai dari *injection stroke*. Dengan memperhatikan gambar 5, *setting injection stroke* yang menghasilkan berat kursi plastik 0,875 kg adalah 215 mm.

Pada saat langkah *injection stroke* berakhir, akan dilanjutkan dengan langkah *holding stroke*. Variabel ini berguna untuk memperkecil kemungkinan tidak terisinya cairan plastic pada cavity akibat *injection stroke*. Penambahan material secara perlahan-lahan dilakukan melalui *holding stroke* untuk menyempurnakan proses *injection molding* dan juga untuk mengkompensasikan adanya penyusutan selama proses pendinginan.

Pengaturan nilai *holding stroke* dalam mesin *injection molding* berhubungan dengan pengaturan nilai *injection stroke*. Penambahan *holding stroke* akan memperpendek langkah *injection stroke*. Proses injeksi pada *holding stroke* dilakukan pada tekanan yang lebih kecil dibandingkan dengan *injection stroke*. Hal ini untuk menghindari timbulnya *flash*. Selain itu, *holding stroke* bersama dengan *holding pressure* akan berfungsi sebagai penahan selama proses pendinginan cairan plastik agar cairan plastik yang belum membeku tidak berbalik arah menuju *nozzle*.

Jika nilai *holding stroke* terlalu tinggi maka produk yang dihasilkan akan terlalu ringan, dan kemungkinan kekuatan kursi plastik untuk menahan beban berat menurun. Namun, bila nilai *holding stroke* terlalu kecil, maka kekakuan produk kursi menurun. Berdasarkan gambar 5 di atas, *setting holding stroke* ± 50 mm.

Variabel *holding time* berhubungan erat dengan variabel *holding stroke*. Hal ini disebabkan karena waktu yang dibutuhkan untuk melakukan *holding stroke* dengan tekanan tertentu ditentukan dari pengaturan nilai *setting holding time*. Pada gambar 5, memperlihatkan semakin besar nilai *setting holding time*, maka berat produk yang dihasilkan semakin besar. Sebab semakin lama waktu yang disediakan untuk melakukan *holding stroke* dengan tekanan tertentu, maka semakin sempurna proses *holding* yang terjadi dan produk kursi terhindari dari cacat *shrinkage*.

Jika nilai *setting holding time* terlalu kecil, maka proses *holding* menjadi tidak sempurna dan

muncul cacat pada produk (kurang padat, lunak, *shrinkage*).

Untuk mendapatkan berat kursi plastik yang optimum yaitu 0,875 kg dapat dilakukan dengan menarik garis horizontal yang melalui ordinat 0,875 hingga memotong masing-masing kurva pada gambar 5. Hasil perpotongan antara garis horizontal dengan kurva didapatkan absis *injection stroke*, *holding stroke*, dan *holding time* masing-masing 215 mm, 50 mm dan 5,5 detik.

Hasil optimasi melalui *response surface* diperoleh sebagai berikut: *injection stroke* 213, 8 mm, *holding stroke* 51,92 mm dan *holding time* 5,23 detik. Model optimasi yang diperoleh adalah:

$$y = 0,782762 + 0,000356790 A - 0,000327778 B + 0,00564815 C + \epsilon$$

sehingga berat kursi plastik yang dihasilkan 0,871565 kg.

Dengan mempertimbangkan keterbatasan *console* maka parameter proses untuk mendapatkan berat optimum kursi adalah *injection stroke* 215 mm, *holding stroke* 52 mm dan *holding time* 5,5 detik dengan berat kursi yang diperoleh 0,873492 kg.

5. KESIMPULAN

Parameter proses mesin *injection molding* yang berpengaruh signifikan terhadap berat kursi plastik tipe espana adalah *injection stroke*, *holding stroke* dan *holding time*. Nilai *setting* optimal untuk berat kursi plastik adalah *injection stroke* 215 mm, *holding stroke* 52 mm dan *holding time* 5,5 detik.

REFERENSI

- [1] Dominick, V. Rosato., et. al, **Injection Molding Handbook**, 3rd edition, Kluwer Academic Publishers, (2000)
- [2] Gani, Haryanto, **Optimasi Berat Produk Kursi Plastik dengan Proses Injection Molding**, Tugas Akhir- Jurusan Teknik Mesin, UK. Petra, (2005)
- [3] Hidajat, I., **Studi Penentuan Parameter Proses Pembuatan Kursi Plastik dengan Proses Injection Molding**, Tuga Akhir-Jurusan Teknik Mesin, UK. Petra
- [4] Menges., Mohren, **How to Make Injection Molds**, 2nd edition, Hanser, (1993)
- [5] Montgomery, Douglas C, **Design and Analysis Experiment**, 4th edition, John Wiley And Sons., (1997)
- [6] Montgomery, Douglas C, **Introduction to Statistical Quality Control**, 3th edition, John Wiley and Sons, (1997)