

Optimasi Kecepatan *Extruder* Terhadap Cacat *Body Crash* Pada *Body Tube* Dengan Metode Permukaan Respon

Femiana Gapsari Purnami

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jl.MT Haryono 167 Malang
Email: femianagapsari@gmail.com

Abstrak

Pada proses pembuatan *body tube* di PT. X Pasuruan, Jawa Timur banyak terjadi cacat karena *setting* mesin yang kurang tepat. Cacat yang sering terjadi adalah cacat *body crash* yang disebabkan kecepatan masing-masing *extruder* yang digunakan tidak optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan variasi kecepatan *extruder inner*, kecepatan *extruder adhesive*, dan kecepatan *extruder outer* yang optimal sehingga menghasilkan cacat *body crash* paling sedikit. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah *plastic tube* jenis LDPE (*Low Density Polyethylene*) dan HDPE (*High Density Polyethylene*). Metode yang digunakan adalah metode permukaan respon dengan model *Central Composite Design* (CCD) dengan variasi parameter kecepatan *extruder*. Pendekatan optimasi yang digunakan adalah *desirability function*. Dari hasil penelitian didapatkan model $Y = 111.925 - 16.368 (X_1) - 7.688 (X_2) - 8.034 (X_3) + 1.874 (X_1)^2 + 4.669 (X_2)^2 + 0.292 (X_3)^2 - 0.750 (X_1X_2) - 0.188 (X_1X_3) - 0.125 (X_2X_3)$ dengan variasi masing-masing kecepatan *extruder inner* 4 rpm, 5 rpm dan 6 rpm, *extruder adhesive* 0.5 rpm, 1 rpm dan 1.5 rpm dan *extruder outer* 14 rpm, 16 rpm dan 18 rpm. Dari aplikasi metode permukaan respon dihasilkan masing-masing kecepatan *extruder* yang optimal yaitu *extruder inner* 5 rpm, *extruder adhesive* 1 rpm dan *extruder outer* 16 rpm. *Setting* optimasi pada kecepatan *extruder* dihasilkan *body tube* tanpa cacat *body crash*.

Kata kunci: optimasi, *body tube*, *body crash*, respon permukaan, *desirability function*.

Pendahuluan

PT. X merupakan perusahaan yang memproduksi berbagai macam bentuk tube sesuai dengan permintaan konsumen. Perusahaan ini memproduksi 2 jenis tube, yaitu *laminated tube* dan *plastic tube*. *Plastic tube* sendiri merupakan proses pembuatan tube dengan material dasar biji plastik, proses pembuatannya yang melalui beberapa tahap menemukan banyak sekali kendala yang menyebabkan kerusakan-kerusakan pada tube tersebut, terutama pada pembuatan *body plastic*. Pada proses pembuatan *body plastic* sering ditemukan kerusakan-kerusakan seperti bentuk *body* yang tidak proporsional dan permukaan *body* yang kasar. Hal tersebut menimbulkan kerugian yang cukup besar bagi perusahaan karena banyak material yang terbuang sia-sia dan waktu yang terbuang untuk memproduksi ulang. Material dan waktu yang terbuang tersebut seharusnya dapat menghasilkan produk yang lebih banyak jika tidak terjadi masalah-masalah yang sebenarnya dapat dicegah. Kerusakan-kerusakan yang terjadi kemungkinan besar disebabkan karena kecepatan pada

masing-masing *extruder machine* yang tidak tepat sehingga material tidak dapat tercampur dengan baik. Pada perusahaan terdapat mesin *extruder* yang berfungsi sebagai pelebur material dasar pembuatan *body plastic* yang berupa biji plastik. Material dasar yang masuk ke dalam *extruder* berupa HDPE (*High Density Polyethylene*), LDPE (*Low Density Polyethylene*), material pelapis dan material perekat. Material-material tersebut berbentuk butiran-butiran kecil seperti kristal, setiap material dasar tersebut akan dimasukkan ke dalam masing-masing *hopper* yang selanjutnya akan diteruskan ke masing-masing *extruder* untuk di lebur dengan kecepatan berbeda sesuai dengan jenis *extruder*.

Pada proses pembuatan *body plastic* terdapat 4 macam *extruder* yang memiliki tugas masing-masing, yaitu *extruder inner*, *extruder adhesive*, *extruder barrier* dan *extruder outer*. *Extruder inner* berfungsi melebur material biji plastik untuk bagian dalam yaitu LDPE (*Low Density Polyethylene*). *Extruder adhesive* digunakan untuk melebur material perekat untuk bagian tengah. Material pelapis dilebur dengan menggunakan *extruder barrier* untuk mencegah tembusnya cahaya yang masuk dan merusak cairan

yang dimasukkan ke dalam *tube*. *Extruder outer* berfungsi melebur material biji plastik untuk bagian luar yaitu HDPE (*High Density Polyethylene*). Range kecepatan *extruder inner* yang biasa digunakan adalah 4-6 rpm, kecepatan *extruder adhesive* membutuhkan 0.2-1.5 rpm, dalam pengoperasiannya kecepatan *extruder barrier* dan *extruder outer* masing-masing dengan range 0.1-4.7 rpm dan 12-20 rpm. Masalah yang timbul hanya berasal dari *extruder inner*, *extruder adhesive* dan *extruder outer*. *Extruder barrier* jarang bermasalah karena material pelapis yang dilebur tidak terlalu berpengaruh terhadap hasil akhir *body plastic*. Cacat *body crash* yang terjadi tidak disebabkan oleh material anti tembus tersebut. Selama ini dengan range kecepatan yang digunakan masing-masing *extruder* masih banyak menghasilkan cacat, sehingga diperlukan suatu standarisasi agar cacat yang dihasilkan tidak terlalu banyak.

Berdasarkan data perusahaan, pembuatan *body plastic* memiliki kendala paling besar pada *extruder-extruder* tersebut, karena proses peleburan material sangat mempengaruhi kesempurnaan *body* yang dihasilkan. Kecacatan *body plastic* seperti adanya bagian yang kasar di dalam maupun luar, ketidaksempurnaan bentuk dan rongga, menunjukkan jenis *extruder* yang menyebabkan cacat tersebut. Dari kecacatan-kecacatan tersebut dapat diketahui bahwa *extruder inner*, *extruder adhesive* dan *extruder outer* yang bermasalah. *Extruder inner* dan *extruder outer* yang berfungsi melebur material biji plastik untuk bagian dalam dan bagian luar sering menyebabkan *body tube* yang kasar. *Extruder adhesive* sebagai pelebur material pekat memberikan kontribusi terbesar dalam menyebabkan *body* berongga.

Dari 4 macam *extruder* yang digunakan dalam proses pembuatan *body plastic*. Kecepatan *extruder barrier* tidak dijadikan faktor (penentu) atau variabel bebas dalam penelitian ini. Hal ini disebabkan karena *extruder barrier* relatif tidak banyak menyebabkan cacat pada *body tube*. Optimasi kecepatan pada proses produksi *body tube* hanya dilakukan pada *extruder inner*, *extruder adhesive* dan *extruder outer*. Optimasi secara umum bertujuan untuk mendapatkan nilai minimum atau maksimum secara sistematis dari suatu fungsi, peluang, maupun pencarian nilai lainya dalam berbagai kasus. Optimasi pada penelitian ini menggunakan metode *response surface*, *response surface methodology* (RSM) merupakan himpunan metode-metode matematika dan statistika yang digunakan untuk melihat hubungan antara satu atau lebih variabel perlakuan berbentuk *response* tersebut dalam suatu percobaan. Desain yang digunakan pada metode *response surface* diantaranya adalah *Central Composite Design* dan Desain *Box-Behnken*. Pada penelitian ini digunakan *Central Composite Design*, *Central Composite Design* (CCD) adalah sebuah

rancangan percobaan yang terdiri dari rancangan 2^k factorial dengan ditambahkan beberapa center runs dan axial runs. Pada penelitian ini menggunakan tiga faktor, sehingga digunakan optimasi dengan *Central Composite Design*. Pada optimasi *Central Composite Design* jika faktor yang digunakan berjumlah tiga maka percobaan yang dilakukan hanya sebanyak 20 kali, oleh sebab itu pada optimasi ini menggunakan *Central Composite Design* karena percobaan yang dilakukan tidak terlalu banyak dibanding dengan metode-metode yang lain.

Berdasarkan uraian diatas maka dilakukan suatu penelitian rancangan optimasi untuk mendapatkan variasi kecepatan pada *extruder machine*. Diharapkan dengan penelitian ini dapat dihasilkan *body plastic* yang berkualitas baik dan tingkat kerusakan-kerusakan produk menjadi minimum.

Metoda Eksperimen

Tahap Pengumpulan Data

Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah kecepatan *extruder inner*, kecepatan *extruder adhesive*, dan kecepatan *extruder outer* selama proses produksi. Tingkat kerusakan *body* juga akan diketahui dari eksperimen.

Penentuan Level Variabel

Pada penelitian ini terdapat dua macam variabel, yaitu variabel bebas dan variabel respon. Parameter yang dijadikan variabel bebas dalam penelitian ini adalah :

1. Kecepatan *extruder inner* (X_1) : 4-6 Rpm
2. Kecepatan *extruder adhesive* (X_2) : 0.5-1.5 Rpm
3. Kecepatan *extruder outer* (X_3) : 14-18

Besarnya kecepatan masing-masing *extruder* disesuaikan dengan besarnya kecepatan *extruder* yang dilakukan pada saat proses produksi.

Untuk mendapatkan model empiris orde pertama dan orde kedua dilakukan rancangan percobaan faktorial 2^k ditambah dengan pengamatan beberapa kali di titik pusat dan titik-titik di sumbu aksialnya dengan $\alpha = 2^{k/4}$ dalam bentuk *Central Composite Design* (CCD).

Rancangan faktorial 2^k CCD digunakan untuk percobaan yang terdiri dari k faktorial dengan masing-masing faktor mempunyai level rendah (diberi kode -1), level tinggi (diberi kode +1), level tengah (diberi kode 0), dan level pada sumbu aksial (diberi kode $(-\alpha)$ dan $(+\alpha)$). Untuk k = 3, nilai $\alpha = 1,682$.

Level variabel yang sesuai dengan rancangan CCD ditunjukkan pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Level Variabel Bebas

Nama Variabel	Kecepatan <i>Extruder Inner</i> (Rpm)	Kecepatan <i>Extruder Adhesive</i> (Rpm)	Kecepatan <i>Extruder Outer</i> (Rpm)
Rendah	4	0.5	14
Tengah	5	1	16
Tinggi	6	1.5	18

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian berdasarkan rancangan percobaan CCD ditunjukkan tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Penelitian

Faktor			Jumlah Cacat <i>Body Crash</i>
V ₁	V ₂	V ₃	
4	0.5	14	7
6	0.5	14	7
4	1.5	14	8
6	1.5	14	6
4	0.5	18	9
6	0.5	18	7
-4	1.5	18	10
6	1.5	18	7
3.318	1	16	12
6.682	1	16	5
5	-1.682	16	7
5	1.682	16	6
5	1	-1.682	4
5	1	1.682	9
5	1	16	4
5	1	16	5
5	1	16	3
5	1	16	2
5	1	16	3
5	1	16	3

Hasil penelitian diatas dianalisis dengan menggunakan MINITAB 14 dan didapat hasil desain *response surface* dengan *Central Composite Design* (CCD).

Tabel 3. Hasil Desain *Response Surface*.

Central Composite Design			
Factors:	2	Replicates:	1
Base runs:	13	Total runs:	13
Base blocks:	1	Total blocks:	1
Two-level factorial: Full factorial			
Cube points:	4		
Center points in cube:	5		
Axial points:	4		
Center points in axial:	0		
Alpha: 1.41421			

Berdasarkan pengujian model linier diketahui bahwa hasil penelitian tidak sesuai dengan model orde pertama (linier). Oleh karena itu dilakukan pengujian model orde kedua (*full quadratic*)

Pengujian Model Full Quadratic

Berdasarkan rancangan CCD didapatkan *output* ANOVA *full quadratic response surface* seperti tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. ANOVA Untuk Model Full Quadratic

Source	Df	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	117,708	117,708	13,0787	9,69	0,001
Linear	3	39,004	22,278	7,4260	5,50	0,017
Square	3	76,329	76,329	25,4429	18,86	0,000
Interaction	3	2,375	2,375	0,7917	0,59	0,637
Residual Error	10	13,492	13,492	1,3492		
Lack-of-Fit	5	8,159	8,159	1,6317	1,53	0,326
Pure Error	5	5,333	5,333	1,0667		
Total	19	131,200				

Uji Koefisien Regresi Serempak

Pada tabel 4. Terlihat bahwa pada level pengujian $\alpha = 0.05$ dan *P-Value* dari regresi adalah 0,001 yaitu lebih kecil dari 0,05 sehingga hipotesis awal ditolak. Hasil ANOVA untuk model menunjukkan linier (*p-value* 0,017) dan model kuadrat (*p-value* = 0,000) signifikan karena *p-value* keduanya kurang dari $\alpha = 0.05$ (penelitian ini menggunakan level signifikansi 5%). Sebaliknya, Sebaliknya, model non linier yang mengikutsertakan interaksi antar faktor tidak signifikan. Artinya, model yang tepat untuk kasus ini adalah model kuadrat.

Uji Koefisien Secara Individu

Berdasarkan tabel 4 diatas menunjukkan *P-value* untuk kecepatan *extruder inner*, *extruder adhesive*, dan *extruder outer* lebih kecil dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga variabel bebas mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap jumlah cacat *body crash*.

Uji Lack of Fit

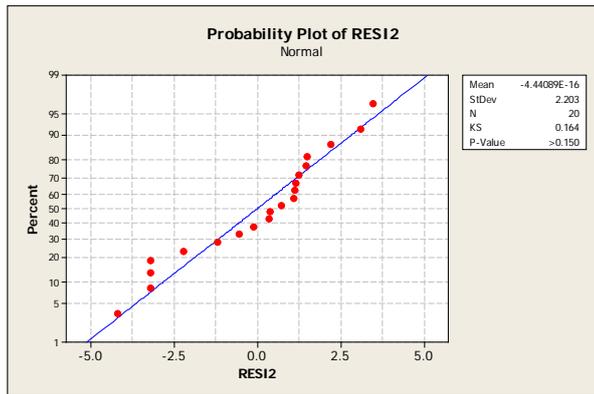
Hasil analisis yang ditunjukkan tabel 4. ANOVA menunjukkan pula hasil uji *Lack of Fit* yang dapat digunakan untuk menguji kecukupan model, dengan hipotesis:

- a. H₀ : tidak ada *lack of fit*
- b. H₁ : ada *lack of fit*

Berdasarkan tabel ANOVA didapatkan *lack of fit* memiliki *P-Value* 0,326 yang lebih besar dari 0,05 artinya gagal tolak H₀ (terima H₀). Hal ini menunjukkan bahwa model yang dibuat telah sesuai.

Uji Kenormalan

Uji kenormalan dari *residual* data jumlah cacat *body crash* yang dilakukan di minitab 14 ditunjukkan gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Uji Distribusi Normal *Residual* Hipotesis Model *Full Quadratic*

Nilai *P-Value* lebih besar dari 0,05 yang artinya bahwa *residual* telah terdistribusi normal. Asumsi kenormalan *residual* pada suatu model regresi telah dipenuhi oleh model model regresi yang telah dibuat sehingga bisa digunakan.

Uji Koefisien Determinasi (R^2)

Besarnya koefisien determinasi dari regresi model *full quadratic* ditunjukkan oleh tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Uji Regresi *Full Quadratic*

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	3.32604	0.4737	7.021	0.000
V1	-1.37455	0.3143	-4.374	0.001
V2	-0.04993	0.3143	-0.159	0.877
V3	0.98182	0.3143	3.124	0.011
V1*V1	1.87408	0.3059	6.126	0.000
V2*V2	1.16715	0.3059	3.815	0.003
V3*V3	1.16715	0.3059	3.815	0.003
V1*V2	-0.37500	0.4107	-0.913	0.383
V1*V3	-0.37500	0.4107	-0.913	0.383
V2*V3	0.12500	0.4107	0.304	0.767

S = 1.162 R-Sq = 89.7% R-Sq(adj) = 80.5%

Berdasarkan tabel 5 diatas prosentase dari total variasi yang dapat diterangkan oleh model (R^2) sebesar 89.7 %. Nilai ini cukup besar, yang berarti bahwa pendugaan model *polynomial* orde kedua memenuhi.

Model Empiris Pengujian Model *Full Quadratic*

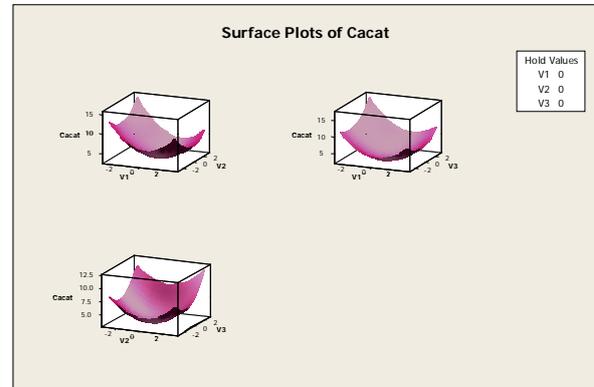
Model Empiris Pengujian Model *Full Quadratic* dari jumlah cacat *body crash* berdasarkan model analisis *response surface* didapatkan model matematika sebagai berikut.

$$Y = 111.925 - 16.368 (X_1) - 7.688 (X_2) - 8.034 (X_3) + 1.874 (X_1)^2 + 4.669 (X_2)^2 + 0.292 (X_3)^2 - 0.750 (X_1X_2) - 0.188 (X_1X_3) - 0.125 (X_2X_3)$$

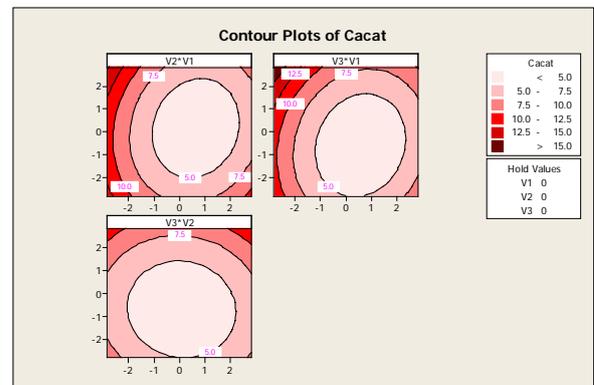
Dimana:

- Y : Jumlah cacat *body crash*
- X₁ : Kecepatan *extruder inner*
- X₂ : Kecepatan *extruder adhesive*
- X₃ : Kecepatan *extruder outer*

Surface Plot dan *Counter Plot Model Full Quadratic* Berdasarkan hasil analisis *response surface* model *full quadratic* akan ditunjukkan *contour plot* dan *surface plot* dari jumlah cacat *body crash*, seperti ditunjukkan gambar 2 dan 3.



Gambar 2. *Surface plot* dari jumlah cacat *body crash*



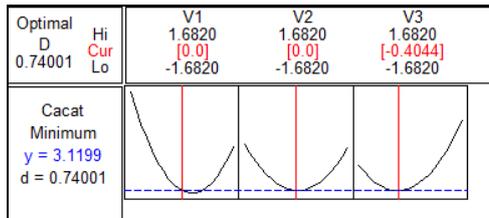
Gambar 3. *contour plot* dari jumlah cacat *body crash*

Analisis Pendekatan dengan *Desirability Funtion*

Dari model yang telah diketahui dapat ditentukan jumlah cacat *body crash* yang akan diperoleh. Metode optimasi yang digunakan adalah pendekatan *desirability function* dengan MINITAB versi 14. Kriteria *desirability function* yang digunakan adalah *smaller the better*. Kriteria ini dilakukan untuk mengetahui jumlah cacat *body crash* dengan kecepatan *extruder inner*, kecepatan *extruder adhesive* dan kecepatan *extruder outer* yang berbeda-beda. Untuk melakukan analisis dengan pendekatan *desirability function*, maka terlebih dahulu dimasukkan nilai batas dari respon. Target yang ingin dicapai adalah jumlah cacat *body crash* yang dihasilkan adalah nol. Berdasarkan hasil percobaan dimasukkan jumlah cacat terkecil yang didapat. Analisis *desirability function* sebagai hasil dari kombinasi variabel proses yang menghasilkan respon minimal ditunjukkan tabel 6 dan gambar 4.

Tabel 6. Analisis Pendekatan *Desirability Function*

Response Optimization					
Parameters					
Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
Minimum	0	0	12	1	1
Global Solution					
V1	=	0.00000			
V2	=	0.00000			
V3	=	-0.40436			
Predicted Responses					
Cacat	=	3.11987	desirability =	0.74001	
Composite Desirability = 0.74001					



Gambar 4. *Response Optimization*

Berdasarkan tabel 6 dan gambar 4. Nilai *composite desirability* adalah 0,74000 nilai terendah yang dikehendaki belum tercapai. Nilai terendah yang dikehendaki (dalam percobaan ini diharapkan mendekati nilai nol) apabila nilai *composite desirability* sebesar 1,000

Kesimpulan

Berdasarkan pendekatan optimasi *response surface* maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Didapatkan nilai optimal jumlah cacat *body crash* pada *setting* kecepatan *extruder inner* sebesar 5 rpm, kecepatan *extruder adhesive* 1 rpm, dan kecepatan *extruder outer* 15,2 rpm.
2. Berdasarkan analisis *desirability function* didapatkan nilai optimasi 0,74000 dengan jumlah cacat *body crash* rata-rata sebanyak 3 buah atau 7,5%.
3. Berdasarkan hasil eksperimen kombinasi variabel optimasi didapatkan jumlah cacat *body crash* maksimal 4 dan minimal 0. Hal ini membuktikan bahwa pengujian model *full quadratic* memenuhi syarat dan teruji berdasarkan eksperimen. Model empiris untuk *full quadratic* yaitu: $Y = 111.925 - 16.368 (X_1) - 7.688 (X_2) - 8.034 (X_3) + 1.874 (X_1)^2 + 4.669 (X_2)^2 + 0.292 (X_3)^2 - 0.750 (X_1X_2) - 0.188 (X_1X_3) - 0.125 (X_2X_3)$.

Referensi

Andiman, Syuhada dkk. *Poltethylene*. STP: Sentra Teknologi Polimer (tanpa tahun)

Anonymous. http://www.berlina.co.id/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=57&lang=in, diakses 10 April 2012.

Anonymous. <http://img.21food.com/img/product/2011/10/30/aaywonlamitube-22310260.htm>, diakses 14 Maret 2012.

Arora, J.S. *Introduction to Optimum Design*. McGraw-Hill. Singapore (1989)

Bhattacharyya, G.K., Johnson, R.A., *Statistical Concept and Methods*. John Woley and Sons. Inc. Singapore (1997)

Darmawan, R & A.E. Tontowi. Optimasi Proses Lyer Manufaktur Dalam Obyek Pembuatan 3D Menggunakan Metode Response Surface. *Media Teknik*. XXX (4): 554-562. (2008)

Fernando, Alfian. Penentuan Kapasitas Optimal Produksi CPO Dengan Menggunakan Metode Goal Programming Pada Pabrik Kelapa Sawit Sumatera Utara. *Jurnal Teknologi*. (1): 17-20. (2007)

Iriawan, Nur dan Septin Puji Astuti. *Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Yogyakarta: ANDI. (2006)

Nuran, Bradley. The Response Surface Methodology. *Jurnal Teknologi*. (1):1-4. (2007)

Rahardjo, Jani & Rosalinawati, I. Optimasi Produksi Dengan Metode Response Surface. *Jurnal Teknik Industri*. IV (1): 36-44. (2002)

Reklaitis, G.V., Ravindan, A. And Ragsdell, K.M. *Engineering Optimization*. John Wiley and Sons. Inc. Singapore. (1983)