



## PENGARUH LANGKAH PEMBUATAN TERHADAP OPTIMASI KETEBALAN KERTAS MENGGUNAKAN MESIN DAUR ULANG

*The Effect of Manufacturing Steps on Paper Thickness Optimization Using Recycling Machine*

Fauzhia Rahmasari<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya, Jl. Raya Bogor Km. 28,8 Cimanggis, Jakarta Timur, Indonesia

### Informasi artikel

Diterima: 12/12/2019

Direvisi : 28/12/2019

Disetujui: 05/01/2020

### Abstrak

Upaya pengelolaan daur ulang sampah kertas menjadi kertas baru telah banyak dilakukan pada jaman sekarang. Dibutuhkan suatu alat atau mesin yang mampu secara efektif dan efisien dalam mendaur ulang kertas bekas menjadi kertas baru. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat efektifitas mesin daur ulang kertas diantaranya adalah ketebalan kertas. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi ketebalan kertas pada proses produksi kertas menggunakan mesin daur ulang kertas adalah analisis regresi. Analisis regresi merupakan teknik analisis data dalam statistika yang digunakan untuk mengkaji hubungan antara beberapa variabel bebas dengan variabel tidak bebas. Namun, jika ingin mengkaji hubungan atau pengaruh dua atau lebih variabel bebas terhadap satu variabel tidak bebas, maka model regresi yang digunakan adalah model regresi linier berganda. Tujuan dalam penelitian ini yaitu menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi ketebalan kertas pada mesin daur ulang kertas menggunakan regresi linier berganda serta memberikan informasi pemodelan mengenai hal tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor yang mempengaruhi keoptimalan ketebalan kertas adalah penghancuran dan pemadatan kertas.

**Kata Kunci:** analisis regresi linier berganda, langkah pembuatan kertas, ketebalan kertas, mesin daur ulang kertas.

### Abstract

*Efforts to recycle paper waste into new paper have been carried out in recent times. It takes capable apparatus or machine to effectively and efficiently in recycling used paper into new paper. There are several factors that affect the effectiveness level of paper recycling machines, one of which is paper thickness. One method that can be used to analyze factors that affect the paper thickness in the paper production process using paper recycling machine is regression analysis. Regression analysis is data analysis techniques in statistics that used to examine the relationship between several independent variables and dependent variables. However, if we want to examine relationship or effect of two or more independent variables on a dependent variable, regression model that used is multiple linear regression. This study purposes are to analyze factors that affecting paper thickness on paper recycling machine using multiple linear regression and to provide information the modeling on this issue. The results showed the factors that affect paper thickness optimization are destruction and press.*

**Keywords:** multiple linear regression analysis, paper making steps, paper recycling machine, paper thickness

\*Penulis Korespondensi. Handphone: -  
email : [fauzhiarahmasari@ftijayabaya.ac.id](mailto:fauzhiarahmasari@ftijayabaya.ac.id)

## 1. PENDAHULUAN

Perusahaan manufaktur merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pengolahan bahan baku dengan mengeluarkan biaya lain menjadi barang jadi yang siap untuk dijual. Perusahaan manufaktur di seluruh dunia dipengaruhi oleh globalisasi dan dipaksa untuk menjadi lebih kompetitif setiap harinya untuk mempertahankan profitabilitas mereka (Rahmasari 2017). Beberapa perusahaan manufaktur bergerak dibidang pengolahan sampah atau limbah yang sudah tidak memiliki manfaat menjadi produk daur ulang sehingga dapat digunakan kembali dan bermanfaat bagi kehidupan sehari-hari.

Kurangnya kesadaran dari manusia mengakibatkan banyak sampah yang dibuang sembarangan. Hal ini dapat menyebabkan polusi. Namun, semua dapat teratasi jika kita kreatif dalam memanfaatkan sampah tersebut. Selain dapat menjaga kelestarian lingkungan, juga dapat menambah penghasilan. Salah satu teknik pemanfaatan sampah adalah daur ulang dengan menjadikan berbagai macam kerajinan dan produk baru (Kementrian Keuangan Republik Indonesia 2019).

Jenis sampah yang banyak ditemukan adalah sampah kertas. Sampah kertas sebagai barang terbuang dapat dimanfaatkan dengan cara didaur ulang menjadi kertas yang unik dan bernilai seni atau bahkan menjadi kertas yang baru untuk digunakan kembali. Melalui daur ulang kertas, selain menangani masalah lingkungan, dapat juga dijadikan sebagai alternatif dalam menciptakan lapangan kerja baru (Yafie et al. 2018). Upaya pengelolaan daur ulang sampah kertas menjadi kertas-kertas baru telah banyak dilakukan pada jaman sekarang. Dibutuhkan suatu alat atau mesin yang mampu secara efektif dan efisien dalam mendaur ulang kertas bekas menjadi kertas yang baru. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat efektifitas mesin daur ulang kertas diantaranya adalah ketebalan kertas. Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi tingkat ketebalan kertas agar tercipta hasil yang optimal dalam produksi kertas pada mesin daur ulang kertas (Faraz et al. 2009). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi ketebalan kertas pada proses produksi kertas menggunakan mesin daur ulang kertas adalah analisis regresi.

Analisis regresi merupakan teknik analisis data dalam statistika yang sering kali digunakan untuk mengkaji hubungan antara beberapa variabel bebas dengan variabel tidak bebas (Widyawati & Setiawan 2015). Jika ingin mengkaji hubungan atau pengaruh satu variabel bebas terhadap satu variabel tidak bebas, maka model regresi yang digunakan adalah model regresi linier sederhana. Namun, jika ingin mengkaji hubungan atau pengaruh dua atau lebih variabel bebas terhadap variabel tidak bebas, maka model regresi yang digunakan adalah model regresi linier berganda (*multiple linear regression model*). Kemudian untuk mendapatkan model regresi linier sederhana maupun model regresi linier berganda dapat diperoleh dengan melakukan estimasi terhadap parameter-parameternya menggunakan metode tertentu. Adapun metode yang dapat digunakan untuk mengestimasi parameter model regresi linier sederhana maupun model regresi linier berganda adalah dengan metode kuadrat terkecil (*ordinary least square/OLS*) dan metode kemungkinan maksimum (*maximum likelihood estimation/MLE*) (Kutner et al. 2004).

Tujuan dari penelitian ini yaitu menggunakan analisis regresi linier berganda dalam menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi ketebalan kertas pada produksi kertas daur ulang serta memodelkannya agar memperoleh ketebalan kertas yang optimal.

## 2. METODOLOGI

### Sumber Data dan Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari hasil penelitian, yang pengamatannya dilakukan di pabrik kertas daur ulang.

Variabel penelitian yang dipakai dalam proses pembuatan kertas adalah sebagai berikut:

Variabel tidak bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

$Y$ : *Thickness*/ketebalan ( $\mu\text{m}$ )

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini merupakan faktor kendali, yaitu (Djami 2014):

$x_1$ : langkah 1, penghancuran kertas  
/*destruction*

$x_2$ : langkah 2, pembentukan kertas/*wire*

$x_3$ : langkah 3, pemadatan kertas/*press*

$x_4$ : langkah 4, pengeringan kertas/drying  
 $x_5$ : langkah 5, penghalusan kertas/callender

Tabel 1 Data hasil pengamatan

No	Y	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$
1	43	51	30	39	61	92	45
2	63	64	51	54	63	73	47
3	71	70	68	69	76	86	48
4	61	63	45	47	54	84	35
5	81	78	56	66	71	83	47
6	43	55	49	44	54	49	34
7	58	67	42	56	66	68	35
8	71	75	50	55	70	66	41
9	72	82	72	67	71	83	31
10	67	61	45	47	62	80	41
11	64	53	53	58	58	67	34
12	67	60	47	39	59	74	41
13	69	62	57	42	55	63	25
14	68	83	83	45	59	77	35
15	77	77	54	72	79	77	46
16	81	90	50	72	60	54	36
17	74	85	64	69	79	79	63
18	65	60	65	75	55	80	60
19	65	70	46	57	75	85	46
20	50	58	68	54	64	78	52
21	50	40	33	34	43	64	33
22	64	61	52	62	66	80	41
23	53	66	52	50	63	80	37
24	40	37	42	58	50	57	49
25	63	54	42	48	66	75	33
26	66	77	66	63	88	76	72
27	78	75	58	74	80	78	49
28	48	57	44	45	51	83	38
29	85	85	71	71	77	74	55
30	82	82	39	59	64	78	39

Metode Penelitian

1. Regresi Linier Berganda

Bentuk umum model regresi linier berganda dengan  $p$  variabel bebas adalah seperti pada persamaan berikut (Johnson & Bhattacharyya 2010).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_{p-1} X_{ip-1} + \varepsilon_i \quad (1)$$

dengan:

$Y_i$  adalah variabel tak bebas untuk pengamatan ke- $i$ , untuk  $i = 1, 2, \dots, n$ .

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{p-1}$  adalah parameter.

$X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ip-1}$  adalah variabel bebas.

$\varepsilon_i$  adalah sisa (galat) untuk pengamatan ke- $i$  yang diasumsikan distribusi normal yang saling bebas dan identik dengan rata-rata 0 (nol) dan variansi  $\sigma^2$ .

Tabel 2 Analysis of Variance (ANOVA) (Irianto 2009)

Sumber	Derajat Bebas	Sum Square	Mean Square	$F_{hitung}$
Regresi	$p$	SSR	$\frac{SSR}{k}$	$\frac{MSR}{MSE}$
Residual Galat	$n - p - 1$	SSE	$\frac{SSE}{(n - k - 1)}$	
Total	$n - 1$	SST		

2. Pengujian Parameter Model

a. Pengujian Serentak

Pengujian serentak dilakukan untuk mengetahui signifikansi koefisien model (Kusuma & Puspita 2016).

- Hipotesis:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{p-1} = 0$$

$$H_1: \text{tidak semua } \beta_k = 0, k = 1, 2, \dots, p - 1$$

- Statistik Uji:

$$F_{hitung} = \frac{MSR}{MSE} \quad (2)$$

dengan:

$MSR$  adalah rata-rata kuadrat regresi.

$MSE$  adalah rata-rata kuadrat galat.

- Kriteria penolakan:

$$\text{Tolak } H_0 \text{ jika } F_{hitung} > F_{tabel}; F_{tabel} = F_{(1-\alpha; p-1, n-p)}$$

b. Pengujian Parsial

Pengujian parsial atau individu digunakan untuk melihat pengaruh masing-masing variabel prediktor (Kusuma & Puspita 2016).

- Hipotesis:

$$H_0: \beta_k = 0$$

$$H_1: \beta_k \neq 0, k = 1, 2, \dots, p - 1$$

- Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{\beta_k}{s(\beta_k)} \quad (3)$$

dengan:

$\beta_k$  adalah nilai taksiran parameter.

$s(\beta_k)$  standar deviasi nilai taksiran parameter  $\beta_k$ .

- Kriteria penolakan:

$$\text{Tolak } H_0 \text{ jika } t_{hitung} > t_{tabel} \text{ atau } t_{hitung} < -t_{tabel}; t_{tabel} = t_{(\frac{\alpha}{2}; n-p)}$$

c. Koefisien determinasi ( $R^2$ )

Koefisien determinasi digunakan untuk mengukur kebaikan model. Dikatakan semakin baik apabila nilai  $R^2$  mendekati 1 (Soejanto 2009). Rumus yang digunakan adalah

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} \times 100\% \quad (4)$$

3. Pengujian Asumsi Galat

a. Uji kenormalan galat

Pengujian terhadap asumsi kenormalan dilakukan menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov* (Sathees & Dhas 2013).

- Hipotesis:
  - $H_0$ : galat menyebar normal.
  - $H_1$ : galat tidak menyebar normal.
- Kriteria penolakan:
  - Tolak  $H_0$  jika nilai-P > 0,05 pada taraf nyata 5%.

b. Uji homogenitas

Uji yang digunakan adalah uji Glejser (Setiawan & Kusriani 2010).

- Hipotesis:
  - $H_0$ : ragam galat homogen.
  - $H_1$ : ragam galat tidak homogen.
- Kriteria penolakan:
  - Tolak  $H_0$  jika nilai-P > 0,05 pada taraf nyata 5%.

c. Mendeteksi kebebasan galat

Uji yang digunakan adalah uji Runs Test (Montgomery et al. 2012).

- Hipotesis:
  - $H_0$ : galat saling bebas.
  - $H_1$ : galat tidak saling bebas.
- Kriteria penolakan:
  - Tolak  $H_0$  jika nilai-P > 0,05 pada taraf nyata 5%.

d. Mendeteksi multikolinieritas

Deteksi multikolinieritas untuk peubah penjelas ke- $i$  dapat menggunakan  $VIF$  (Montgomery et al. 2012). Adapun rumusnya adalah

$$VIF = \frac{1}{1 - R_i^2} \quad (5)$$

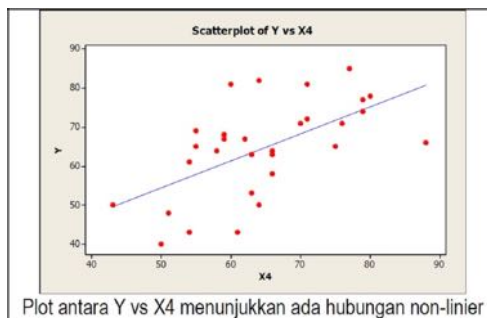
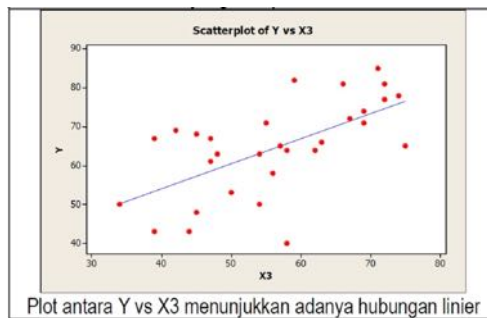
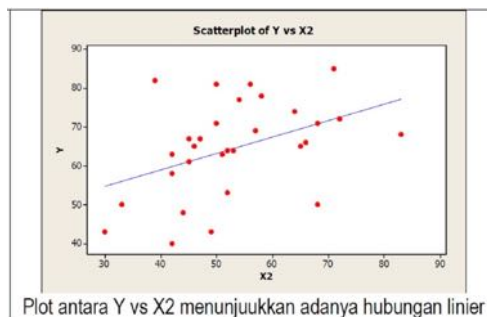
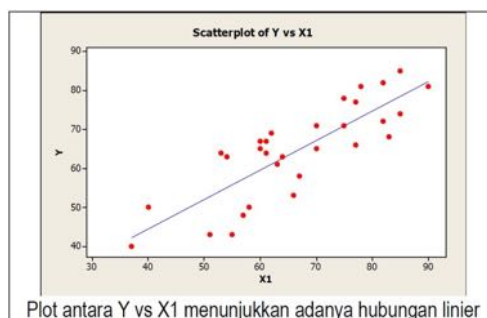
- Hipotesis:
  - $H_0$ : tidak terjadi multikolinieritas antar variabel bebas ( $VIF < 10$ ).

$H_1$ : terjadi multikolinieritas antar variabel bebas ( $VIF > 10$ ).

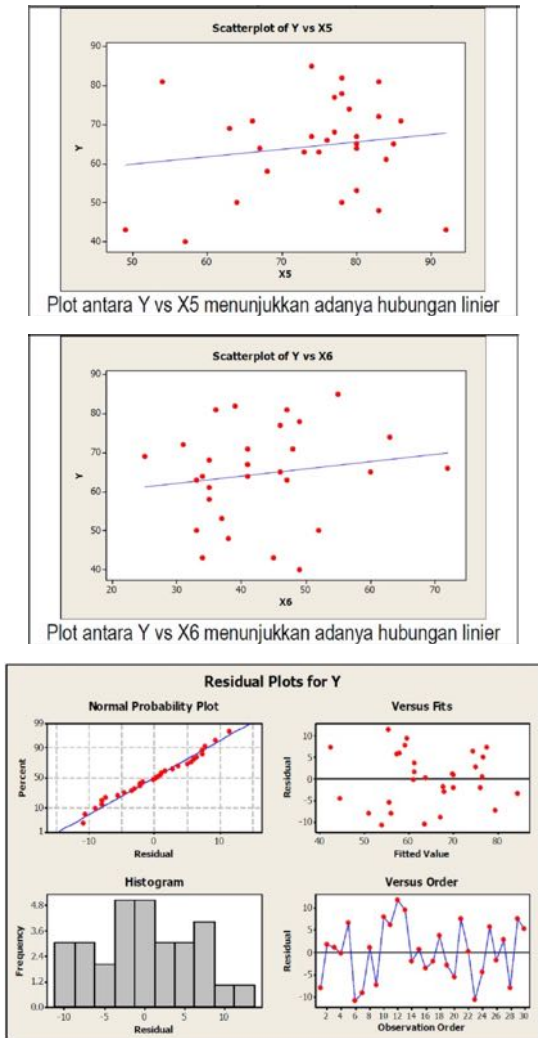
- Kriteria penolakan:
  - Tolak  $H_0$  jika  $VIF > 10$ .

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah data diperoleh, diperlukan eksplorasi data sebelum melakukan pengolahan data. Hal ini bertujuan untuk melihat apakah data yang diperoleh sesuai dengan kebutuhan penelitian.



Gambar 1 Hasil eksplorasi data



Gambar 1 Hasil eksplorasi data (lanjutan)

Berdasarkan *scatter plot* antara variabel Y dengan variabel  $x_1$  sampai dengan  $x_6$  dapat disimpulkan bahwa adanya hubungan linier yang berarti data yang diperoleh sesuai dengan metode yang digunakan dalam penelitian ini karena metode dapat digunakan jika antara variabel Y (variabel tidak bebas) dengan  $x$  (variabel bebas) cenderung memiliki hubungan linier.

Berdasarkan *residual plot* terhadap variabel Y dapat disimpulkan bahwa plot QQ normal menunjukkan galat menyebar normal, hal ini terlihat dari titik-titik yang berada disekitar garis. Plot galat vs *fitted value* menunjukkan ragam galat homogen, terlihat dari tidak adanya pola yang terbentuk dan lebar pita yang sama besar.

Plot galat vs order memperlihatkan tidak adanya pola, sehingga dapat disimpulkan bahwa galat saling bebas.

### Hasil Analisis Regresi Berganda

#### Interpretasi berdasarkan gambar 2:

Hasil analisis regresi dari Y dengan  $x_1$  sampai dengan  $x_6$  menghasilkan uji F yang signifikan (nilai-P < 0.05), sehingga cukup bukti untuk menyatakan terdapat minimal satu peubah penjelas yang mempengaruhi Y. Uji t pada masing-masing peubah penjelas menyimpulkan bahwa peubah  $x_1$  dan  $x_3$  memiliki nilai-P < 0.05 yang artinya cukup bukti untuk menyatakan jika kedua peubah tersebut mempengaruhi Y pada taraf nyata 5%, sedangkan peubah penjelas lainnya tidak memberikan pengaruh terhadap Y. Nilai  $R^2$  yang dihasilkan sebesar 73,3% mengartikan bahwa keragaman Y yang dapat dijelaskan oleh  $x_1$  sampai dengan  $x_6$  yaitu sebesar 73,3%, sedangkan sisanya 26.7% dijelaskan oleh peubah diluar model. Nilai  $R^2$  ini terhitung kecil, sehingga dapat ditarik kesimpulan jika model yang terbentuk belum cukup baik, hal ini didukung pula dengan nilai  $R^2_{pred}$  sebesar 54.7% yang tergolong rendah. Dari analisis regresi ini, tidak ditemukan adanya pencilan maupun amatan berpengaruh.

Regression Analysis: Y versus X1, X2, X3, X4, X5, X6					
The regression equation is					
$Y = 10.8 + 0.613 X1 - 0.073 X2 + 0.320 X3 + 0.082 X4 + 0.038 X5 - 0.217 X6$					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	10.79	11.59	0.93	0.362	
X1	0.6132	0.1610	3.81	0.001	2.667
X2	-0.0731	0.1357	-0.54	0.596	1.601
X3	0.3203	0.1685	1.90	0.070	2.271
X4	0.0817	0.2215	0.37	0.715	3.078
X5	0.0384	0.1470	0.26	0.796	1.228
X6	-0.2171	0.1782	-1.22	0.236	1.952
S = 7.06799 R-Sq = 73.3% R-Sq(adj) = 66.3%					
PRESS = 1946.19 R-Sq(pred) = 54.71%					
Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	6	3147.97	524.66	10.50	0.000
Residual Error	23	1149.00	49.96		
Total	29	4296.97			
Source	DF	Seq SS			
X1	1	2927.58			
X2	1	7.52			
X3	1	137.25			
X4	1	0.94			
X5	1	0.56			
X6	1	74.11			
Durbin-Watson statistic = 1.79532					

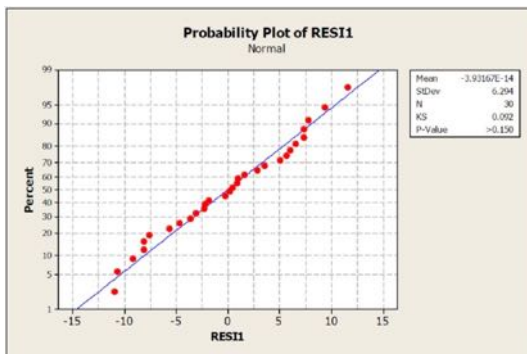
Gambar 2 Hasil analisis regresi

**Hasil Uji Asumsi Galat**

1. Hasil Uji Kenormalan Galat  
Interpretasi berdasarkan gambar 3:  
 Hipotesis:

- $H_0$ : galat menyebar normal
- $H_1$ : galat tidak menyebar normal

Kesimpulan:  
 Uji kenormalan dengan Kolmogorov-Smirnov menghasilkan nilai-P > 0.150, sehingga cukup bukti untuk menyatakan bahwa  $H_0$  tidak ditolak pada taraf nyata 5% yang artinya tidak terdapat pelanggaran asumsi kenormalan galat.



**Gambar 3** Hasil Uji Kenormalan Galat menggunakan Uji Kolmogorov-Smirnov

2. Hasil Uji Homogenitas  
Interpretasi berdasarkan gambar 4:  
 Hipotesis:

- $H_0$ : Ragam galat homogen
- $H_1$ : Ragam galat heterogen

Kesimpulan:  
 Uji Glejser menghasilkan nilai-P sebesar 0.193, sehingga belum cukup bukti untuk menyatakan bahwa ragam sisaan heterogen pada taraf nyata 5%, dengan kata lain asumsi kehomogenan ragam galat terpenuhi.

Analysis of Variance						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Regression	6	101.22	16.87	1.60	0.193	
Residual Error	23	243.12	10.57			
Total	29	344.35				

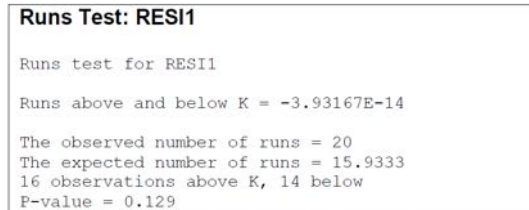
**Gambar 4** Hasil Uji Homogenitas menggunakan Uji Glejser

3. Hasil Deteksi Kebebasan Galat  
Interpretasi berdasarkan gambar 5:  
 Hipotesis:

- $H_0$ : galat saling bebas
- $H_1$ : galat tidak saling bebas

Kesimpulan:  
 Runs Test menghasilkan nilai-P 0.129 yang memberikan arti belum cukup bukti untuk menyatakan bahwa galat tidak saling bebas

pada taraf nyata 5%, sehingga asumsi kebebasan galat terpenuhi.



**Gambar 5** Hasil Deteksi Kebebasan Galat menggunakan Uji Runs Test

4. Hasil Deteksi Multikolinieritas  
Interpretasi berdasarkan gambar 6:

Asumsi multikolinearitas dapat dilihat melalui nilai *VIF* pada masing-masing peubah bebas. Terlihat bahwa nilai *VIF* tidak ada yang lebih besar dari 9, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat multikolinieritas. Jadi asumsi ini terpenuhi.

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	10.79	11.59	0.93	0.362	
X1	0.6132	0.1610	3.81	0.001	2.667
X2	-0.0731	0.1357	-0.54	0.596	1.601
X3	0.3203	0.1685	1.90	0.070	2.271
X4	0.0817	0.2215	0.37	0.715	3.078
X5	0.0384	0.1470	0.26	0.796	1.228
X6	-0.2171	0.1782	-1.22	0.236	1.952

**Gambar 6** Hasil deteksi Multikolinieritas

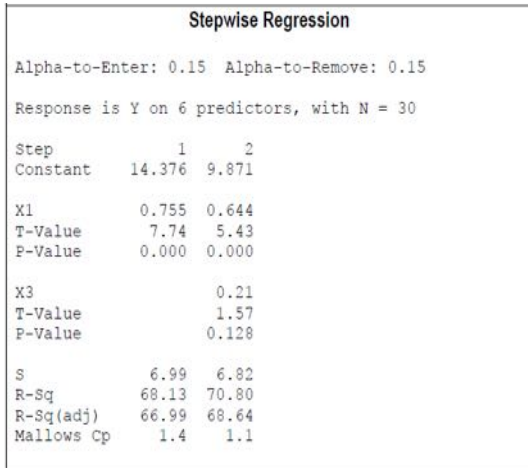
Analisis regresi  $Y$  dengan  $x_1$  sampai dengan  $x_6$  menghasilkan  $R^2$  sebesar 73,3% dan tidak terjadi pelanggaran asumsi. Walaupun model yang terbentuk sudah cukup baik, namun tidak semua peubah signifikan, sehingga perlu membuat model baru yang dapat menjelaskan  $Y$  dengan lebih baik. Beberapa caranya ialah dengan menggunakan *best subset* dan *stepwise regression*. *Best subset* dan *stepwise regression* yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

Best Subset										
Response is Y										
Vars	R-Sq	R-Sq(adj)	Mallows		X X X X X X					
			Cp	S	1	2	3	4	5	6
1	68.1	67.0	1.4	6.9933	X					
1	38.9	36.7	26.6	9.6835		X				
2	70.8	68.6	1.1	6.8168	X	X				
2	68.4	66.0	3.2	7.0927	X		X			
3	72.6	69.4	1.6	6.7343	X	X			X	
3	71.5	68.2	2.5	6.8630	X	X	X			
4	72.9	68.6	3.3	6.8206	X	X	X		X	
4	72.9	68.5	3.4	6.8310	X	X	X		X	
5	73.2	67.6	5.1	6.9294	X	X	X	X		
5	73.1	67.5	5.1	6.9396	X	X	X	X	X	
6	73.3	66.3	7.0	7.0680	X	X	X	X	X	X

**Gambar 7** Hasil *Best Subset*

Interpretasi:  
 Hasil *best subset* menyimpulkan bahwa sebaiknya peubah  $x_1$  dan  $x_3$  dimasukkan kedalam model. Ketika kedua peubah tersebut dimasukkan kedalam model nilai  $R^2$  yang dihasilkan cukup besar dibandingkan

dengan model yang lainnya, yaitu 70.8%. Nilai Cp Mallow sebesar 1.1 juga dapat dikatakan baik karena mendekati banyaknya peubah penjelas yang dimasukkan kedalam model yaitu 2. Nilai S sebesar 6.8268 tergolong rendah jika dibandingkan pada model lainnya.

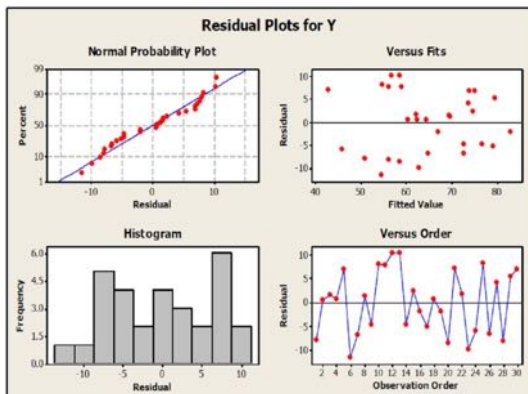


Gambar 8 Hasil Stepwise Regression

**Interpretasi:**

Stepwise regression menyarankan peubah  $x_1$  dan  $x_3$  dimasukkan kedalam model.

Dari hasil best subset dan stepwise regression, maka diputuskan untuk menggunakan peubah  $x_1$  dan  $x_3$  pada model. Hasil analisis regresi Y dengan  $x_1$  dan  $x_3$  adalah sebagai berikut:

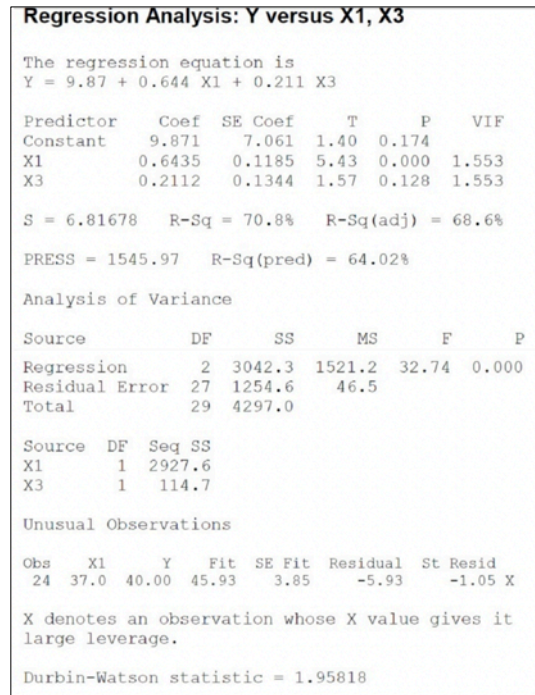


Gambar 9 Hasil eksplorasi data setelah Best Subset dan Stepwise Regression

**Interpretasi:**

Berdasarkan residual plot terhadap variabel Y dapat disimpulkan bahwa plot QQ normal menunjukkan galat menyebar normal. Plot galat vs fitted value menunjukkan ragam galat homogen, terlihat dari tidak adanya pola yang terbentuk dan lebar pita yang sama besar. Plot galat vs

order memperlihatkan tidak adanya pola, sehingga dapat disimpulkan bahwa galat saling bebas.



Gambar 10 Hasil analisis Regresi setelah Best Subset dan Stepwise Regression

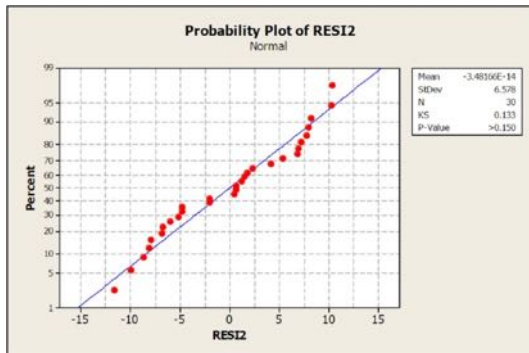
**Interpretasi:**

Hasil analisis regresi menghasilkan persamaan:

$$Y = 9.87 + 0.644x_1 + 0.211x_2 \quad (6)$$

Uji F menghasilkan statistik uji sebesar 32.74 dan nilai-P 0.000, sehingga dapat disimpulkan bahwa cukup bukti untuk menyatakan bahwa minimal terdapat satu peubah penjelas yang mempengaruhi Y pada taraf nyata 5%. Menindaklanjuti uji F, uji pada masing-masing peubah penjelas dengan uji t menghasilkan nilai-P 0.000 dan 0.128 pada peubah  $x_1$  dan  $x_3$ , sehingga dapat ditarik kesimpulan cukup bukti untuk menyatakan bahwa peubah  $x_1$  mempengaruhi Y sedangkan  $x_3$  tidak mempengaruhi Y pada taraf nyata 5%. Nilai  $R^2$  sebesar 70,8% mengartikan keragaman Y yang dapat dijelaskan oleh model adalah sebesar 70,8% sedangkan sisanya 29,2% dijelaskan oleh faktor lain diluar model. Nilai  $R^2$  dan  $R^2_{pred}$  pada model ini lebih besar dibandingkan dengan model sebelumnya, dengan kata lain model ini lebih baik. Analisis regresi juga menampilkan adanya amatan berpengaruh pada data, yaitu observasi ke-24. Karena merupakan amatan berpengaruh, observasi ini tidak dibuang dari data. Walaupun peubah  $x_3$  tidak signifikan, namun model ini lebih

baik jika dibandingkan ketika  $Y$  diregresikan dengan  $x_1$  saja (terlihat dari *best subset*).



**Gambar 11** Hasil Uji Kenormalan Galat menggunakan Uji Kolmogorov-Smirnov setelah *Best Subset* dan *Stepwise Regression*

Interpretasi berdasarkan gambar 11:

Hipotesis:

$H_0$ : galat menyebar normal

$H_1$ : galat tidak menyebar normal

Kesimpulan:

Nilai-P  $>0.150$  pada uji Kolmogorov-Smirnov menyimpulkan bahwa galat menyebar normal pada taraf nyata 5%, sehingga asumsi ini terpenuhi.

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	36.850	36.850	3.78	0.062
Residual Error	28	273.033	9.751		
Total	29	309.884			

**Gambar 12** Hasil Uji Homogenitas menggunakan Uji Glejser setelah *Best Subset* dan *Stepwise Regression*

Interpretasi:

Hipotesis:

$H_0$ : ragam galat homogen

$H_1$ : ragam galat heterogen

Kesimpulan:

Nilai-P sebesar 0.062 pada uji Glejser menyimpulkan bahwa ragam galat homogen pada taraf nyata 5%.

Runs Test: RESI2	
Runs test for RESI2	
Runs above and below K = -3.48166E-14	
The observed number of runs = 18	
The expected number of runs = 15.7333	
17 observations above K, 13 below	
P-value = 0.391	

**Gambar 13** Hasil Deteksi Kebebasan Galat menggunakan Uji Runs Test setelah *Best Subset* dan *Stepwise Regression*

Interpretasi:

Hipotesis:

$H_0$ : galat saling bebas

$H_1$ : galat tidak saling bebas

Kesimpulan:

Nilai-P sebesar 0.391 pada Runs Test menyimpulkan bahwa antar galat tidak berkorelasi pada taraf nyata 5%.

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	9.871	7.061	1.40	0.174	
X1	0.6435	0.1185	5.43	0.000	1.553
X3	0.2112	0.1344	1.57	0.128	1.553

**Gambar 14** Hasil Deteksi Multikolinieritas Setelah *Best Subset* dan *Stepwise Regression*

Interpretasi:

Nilai *VIF* pada peubah  $x_1$  dan  $x_3$  sebesar 1.553 dan 1.553 menandakan bahwa tidak ada korelasi antar peubah penjelas, sehingga asumsi tidak adanya multikolinieritas terpenuhi.

**Hasil Analisis**

Berdasarkan hasil analisis regresi linier berganda dan setelah dibuktikan dengan uji asumsi galat, diperoleh model yang paling optimal dalam menghasilkan ketebalan kertas pada proses daur ulang menggunakan mesin daur ulang kertas adalah:

$$Y = 9.87 + 0.644x_1 + 0.211x_3 \quad (7)$$

Dari model di atas, dapat dilihat bahwa fase yang paling mempengaruhi ketebalan kertas adalah langkah pertama ( $x_1$ ) yaitu penghancuran kertas dan langkah ketiga ( $x_3$ ) yaitu pemadatan kertas.

#### 4. SIMPULAN

Langkah pembuatan kertas daur ulang yang mempengaruhi ketebalan kertas adalah langkah pertama ( $x_1$ ) yaitu penghancuran kertas (*destruction*) dan ( $x_3$ ) yaitu pemadatan kertas (*press*). Hal ini diperkuat dengan data yang diperoleh telah memenuhi pengujian asumsi galat. Sehingga dalam menghasilkan ketebalan kertas daur ulang yang optimal, langkah yang perlu diperhatikan adalah penghancuran kertas (*destruction*) dan pemadatan kertas (*press*). Adapun model yang paling optimal dalam menghasilkan ketebalan kertas pada proses daur ulang menggunakan mesin daur ulang kertas adalah seperti persamaan 7.

#### DAFTAR PUSTAKA

Djami, R.J., 2014. *Metode PCR-TOPSIS untuk Optimasi Taguchi Multi-respon*. Tesis. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.



- Faraz, A. et. al., 2009. Cutting Edge Rounding: An Innovative Tool Wear Criterion in drilling CFRP Composite laminates. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 49, pp.1185-1196.
- Irianto, A., 2016. *Statistik: Konsep Dasar dan Aplikasinya.*, Jakarta: Penerbit Kencana.
- Johnson, R.A. & Bhattacharyya, G.K., 2010. *Statistics, Principles and Methods*, 6<sup>th</sup> edition., New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Kementerian Keuangan Republik Indonesia, 2019. *Media Keuangan: Transparansi Informasi Kebijakan Fiskal*. vol. 14, no. 144., Jakarta: Kementerian Keuangan Republik Indonesia.
- Kutner, M.H. et al., 2004. *Applied Linear Regression Models*. 4<sup>th</sup> edition., New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Kusuma, L.T.W.N. & Puspita, D., 2016. *Aplikasi Komputer dan Pengolahan Data: Pengantar Statistik Industri.*, Malang: UB Press.
- Montgomery, D.C. et al., 2012. *Introduction to Linear Regression Analysis*, 5<sup>th</sup> edition., New York: John Wiley & Sons.
- Rahmasari, F., 2017. *Optimasi Multirespon Metode Taguchi Menggunakan PCA-TOPSIS dan Metode Vikor*. Tesis. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sathees, M. & Dhas, J.E.R., 2013. Multi Objective Optimization of Flux Cored Arc Weld Parameters Using Fuzzy Based Desirability Function. *Mechanical Engineering Shiraz University*, 37(M2), pp.175-187.
- Setiawan & Kusri, D.E., 2010. *Ekonometrika.*, Yogyakarta: Andi.
- Soejanto, I., 2009. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi.*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Widyawati & Setiawan, 2015. Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Produksi Padi dan Jagung di Kabupaten Lamongan. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(4), pp.2337-3520.
- Yafie, E. et. al., 2018. Pelatihan Pembuatan Benda Cenderamata dari Bahan Kertas Daur Ulang untuk Kegiatan Kewirausahaan Mahasiswa dan Guru Alumni. *ABDIMAS PEDAGOGI: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(2), pp.122-127.