



PAPER – OPEN ACCESS

Analisis Penggunaan Kasa Saring proses Straining Kompon Karet dengan Regresi Multivariat

Author : Yuli Suwarno
DOI : 10.32734/ee.v6i1.1946
Electronic ISSN : 2654-7031
Print ISSN : 2654-7031

Volume 6 Issue 1 – 2023 TALENTA Conference Series: Energy and Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).
Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Analisis Penggunaan Kasa Saring proses *Straining* Kompon Karet dengan Regresi Multivariat

Yuli Suwarno

Jurusan Teknologi Pengolahan karet dan Plastik, Politeknik ATK Yogyakarta, Jl.ATEKA, Bangunharjo, Sewon, Bantul, Yogyakarta
yuli@atk.ac.id

Abstrak

Kompon karet sebagai material pembuatan produk karet diproses dengan mesin *strainer* untuk menyaring kontaminan. Proses penyaringan dengan mesin *strainer* berbasis ekstrusi dilakukan dengan media panas untuk melunakkan dan mengalirkan material melewati kasa saring. kondisi ini akan meningkatkan resiko kompon karet mati (*scorching*) pada proses pengolahan kompon karet selanjutnya. Model regresi linear multivariat merupakan model regresi dengan lebih dari satu variabel respon yang saling berkorelasi dan satu atau lebih variabel prediktor Tujuan dari penelitian ini untuk mempelajari hubungan penggunaan kasa saring yang sama pada mesin *strainer* untuk proses *straining* dengan jumlah *batch* proses *straining* tertentu terhadap suhu dan waktu *scorching* kompon karet. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kasa saring dalam proses *straining* dan pengaruhnya terhadap karakteristik kompon karet hasil proses *straining* telah dapat dimodelkan dalam model regresi linear multivariat mengikuti model berikut $[\hat{Y}_{(1)} \hat{Y}_{(2)}] = [78,590 + 3,125X \quad 15,759 - 1,003X]$. Nilai *eta square lambda* (η_{Δ}^2) sebesar 0,925 menunjukkan bahwa model regresi tersebut dapat menjelaskan informasi data sebesar 92,5 %. Berdasarkan model regresi linear multivariat tersebut dapat diperhitungkan periode penggantian kasa saring yang tepat pada proses *straining* kompon karet yang meningkatkan efisiensi proses pengolahan kompon karet dan meminimalkan kemungkinan kompon karet mati dalam proses (*scorching*).

Kata Kunci: Kompon Karet; Tegangan; Multivariat; *Scorching*

Abstract

The rubber compound is processed with a strainer machine to filter out contaminants as a material for making rubber products. The process of filtering the rubber compound with an extrusion-based strainer machine is done with heat to soften and flow the material through the filter screen. This condition will increase the risk of the rubber compound dying (*scorching*) in the subsequent processing of the rubber compound. The multivariate linear regression model is a regression model with more than one correlated response variable and one or more predictor variables. The purpose of this study was to study the relationship between the use of the same filter screen for the straining process with a certain batch number of straining processes against temperature and time rubber compound *scorching*. The results showed that the use of filter scree in the straining process and its effect on the characteristics of the rubber compound can be modeled in a multivariate linear regression model following this model $[Y_{(1)} \quad Y_{(2)}] = [78,590 + 3.125X \quad 15.759 - 1.003X]$. The *eta square lambda* value (η_{Δ}^2) of 0.925 indicates that the regression model can explain 92.5% of data Based on the multivariate linear regression model, it is possible to calculate the proper replacement period of the filter screen in the rubber compound straining process which increases the efficiency of the rubber compound processing and minimizes the possibility of the rubber compound dying in the process (*scorching*).

Keywords: Rubber Compound; Straining; Multivariate; *Scorching*

1. Pendahuluan

Karet dengan karakteristik khasnya telah banyak digunakan sebagai bahan baku utama produk-produk otomotif, rumah tangga dan lain sebagainya. Karakteristik utama karet adalah elastisitas dan didukung oleh sifat-sifat fisis lainnya yang mendukung kemampuan dan fungsi suatu produk. Sifat fisis karet ditopang oleh struktur molekul tiga dimensi yang terbentuk pada pemrosesan karet (vulkanisasi). Sifat mekanik produk akhir karet sangat dipengaruhi oleh derajat vulkanisasinya [1]. Vulkanisasi kompon karet terjadi dengan bahan pemvulkanisasi dan media panas, terbentuk ikatan silang tiga dimensi pada struktur molekul karet (*crosslinking density*) sehingga karet lebih stabil terhadap panas dengan perbaikan karakteristik fisisnya [2].

Vulkanisasi merupakan proses yang disengaja dan diharapkan, sehingga pada produk karet terbentuk ikatan silang tiga dimensi pada struktur molekulnya. Namun ikatan silang tiga dimensi dapat terjadi pada kompon karet yang belum dilakukan proses pembentukan (*scorching*). *Scorch* merupakan vulkanisasi prematur pada kompon karet dimana mulai terbentuk ikatan silang tiga dimensi sehingga menyebabkan kompon karet mengalami penurunan sifat plastis dan tidak dapat diproses lagi (kompon mati). *Scorching* disebabkan oleh peningkatan suhu dan waktu selama pemrosesan kompon karet [3].

Proses pembuatan produk karet melalui beberapa tahapan yaitu pencampuran material, pembentukan produk, dan proses vulkanisasi (pembentukan ikatan silang) pada produk akhir [4]. Salah satu proses pembentukan produk akhir adalah dengan teknologi ekstrusi [5]. Proses vulkanisasi dilakukan setelah proses pembentukan di mesin ekstruder. Pada pemrosesan ekstrusi dimungkinkan terjadi *scorching* pada kompon karet seiring dengan penggunaan media panas untuk melunakkan kompon serta waktu proses.

Salah satu aplikasi ekstrusi karet adalah proses penyaringan (*straining*) kompon karet untuk menghilangkan kontaminan dengan mesin strainer. Pada proses penyaringan dengan mesin strainer, kompon karet dilunakkan dalam barel dengan screw berputar dan kompon dilewatkan pada penyaring berupa kasa saring (*mesh*) pada kepala strainer. Aplikasi kasa saring akan menurunkan aliran material (*dragflow*) dan meningkatkan *pressure flow/backflow* material sehingga meningkatkan efek pencampuran dan *shear heat* juga meningkat [6]. Proses *straining* yang berulang (*batch*) mengakibatkan kasa saring semakin lama semakin aus, lubang mesh tertutupi kontaminan, sehingga proses *straining* menjadi tidak optimal serta memungkinkan kenaikan temperatur proses semakin tinggi. Hal ini meningkatkan resiko terjadinya *scorching* pada kompon karet hasil *straining*, yang pada akhirnya kompon karet akan mati pada proses pembentukan selanjutnya. Durasi penggunaan kasa saring pada proses *straining* menjadi faktor penting [7].

Variabel dalam analisis regresi memiliki variabel prediktor atau independen (X) dan variabel respon atau dependen (Y), dan model matematikanya dikenal sebagai model regresi linear. Model regresi linear tersebut menjelaskan koneksi antar variabel respon dengan variabel prediktor, dan disebut sebagai model regresi univariat [8]. Model regresi linear yang menggambarkan hubungan antara lebih dari satu variabel respon dengan satu atau lebih variabel prediktor disebut sebagai model regresi multivariat. Dalam model ini, variabel prediktor digunakan untuk memprediksi atau menjelaskan variasi dalam beberapa variabel respon secara bersama-sama [9]. Analisis regresi multivariat telah banyak digunakan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam bidang ekonomi dan sosial, fenomena alam, serta dalam proses manufaktur produk. Dalam konteks ini, analisis regresi multivariat memungkinkan untuk memahami dan menjelaskan hubungan kompleks antara beberapa variabel prediktor dan beberapa variabel respon secara simultan. Hal ini memberikan pengetahuan yang baik mengenai faktor pengaruh wawasan yang lebih mendalam tentang faktor-faktor berkontribusi terhadap hasil yang diamati dalam berbagai konteks yang berbeda [10][11] [12].

2. Metode Penelitian

2.1. Data Penelitian

Data pada penelitian ini merupakan data rancangan percobaan yang bersifat acak yaitu pada proses produksi berjalan pada proses *straining* kompon karet. Data sampel sejumlah 36 data dengan variabel respon yaitu:

y1 : suhu kompon karet hasil proses *straining* (0 C)

y2 : waktu scorching kompon karet hasil proses *straining* (menit)

Variabel prediktor sejumlah satu variabel yaitu :

x : jumlah batch kompon karet pada proses *straining* dengan kasa saring sama.

2.2. Metode Analisis

Model regresi linear multivariat merupakan model regresi yang melibatkan lebih dari satu variabel respon yang saling berkorelasi, serta satu atau lebih variabel prediktor. Dalam model ini, variabel prediktor digunakan untuk menjelaskan variasi dalam setiap variabel respon secara bersama-sama, mempertimbangkan hubungan antara variabel respon tersebut. Model regresi linear multivariat memungkinkan analisis yang lebih komprehensif dan akurat dalam memahami interaksi antara variabel-variabel tersebut dan dampaknya terhadap variabel respon [13]. Model regresi linear multivariat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Y_{1i} &= \beta_{01} + \beta_{11} X_{1i} + \dots + \beta_{p1} X_{pi} + \varepsilon_{1i} \\ \llbracket Y \rrbracket_{2i} &= \beta_{02} + \beta_{12} X_{1i} + \dots + \beta_{p2} X_{pi} + \varepsilon_{2i} \\ &\vdots \end{aligned}$$

(1)

$$\llbracket Y \rrbracket_{qi} = \beta_{0q} + \beta_{1q} X_{1i} + \dots + \beta_{pq} X_{pi} + \varepsilon_{qi}$$

dengan Y_{qi} adalah variabel respon ke- q , X_{pi} adalah variabel prediktor ke- p , $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{pq}$ adalah parameter regresi yang nilainya belum diketahui, dan ε_{qi} adalah *error* persamaan. Tahapan analisis data sebagai berikut:

2.2.1. Pengujian kebebasan antar variabel respon

Salah satu syarat dalam analisis regresi linear multivariat adalah adanya korelasi antara variabel respon (Y_1, Y_2, \dots, Y_p). Jika variabel respon saling independen, maka matriks korelasi antar variabel akan membentuk matriks identitas. Untuk menguji kebebasan antar variabel respon, dapat dilakukan uji Bartlett dengan hipotesis sebagai berikut [14].

H_0 : antar variabel respon bersifat independen

H_1 : antar variabel respon bersifat dependen

Statistik uji yang digunakan sebagai berikut:

$$\chi^2 = - \left\{ n - 1 - \frac{2p+5}{6} \right\} \ln |R| \quad (2)$$

P adalah jumlah variabel respon, dan $\ln |R|$ adalah logaritma natural determinan matriks korelasi antara variabel respon tersebut. Metode pengambilan keputusan atau kesimpulannya yakni H_0 ditolak jika $\chi^2 > \chi^2_{\alpha, \frac{1}{2}p(p-1)}$ dengan $\frac{1}{2}p(p-1)$ adalah derajat bebas.

2.2.2. Pengujian normal multivariat pada variabel respon

Uji asumsi dilakukan menggunakan cara melakukan perhitungan jarak kuadrat pada setiap pengamatan, dengan hipotesis sebagai berikut:

- H0 : data berdistribusi normal multivariat
 - H1 : data tidak berdistribusi normal multivariat
- Statistik uji yang digunakan sebagai berikut:

$$d_i^2 = (Y_i - \bar{Y})^T S^{-1} (Y_i - \bar{Y}) \tag{3}$$

dengan Y_i adalah vektor obyek pengamatan ke-I, \bar{Y} adalah vektor rata-rata pengamatan, S^{-1} adalah invers matriks varian-kovarian pengamatan, dan d_i^2 adalah jarak mahalnobis.

2.2.3. Estimasi parameter model regresi multivariat

Model regresi linear multivariat yang menggambarkan hubungan antara dua atau lebih variabel respon dengan variabel prediktor dirumuskan sebagai berikut [9]:

$$Y_{n \times p} = X_{n \times (q+1)} B_{(q+1) \times p} + \epsilon_{n \times p} \tag{4}$$

Y merupakan matriks yang berisi variabel respon, X adalah matriks yang berisi variabel prediktor, B adalah matriks parameter regresi dengan elemen-elemennya ($\beta(1), \beta(2), \dots, \beta(p)$), ϵ adalah matriks error, p adalah jumlah variabel respon, n adalah jumlah pengamatan yang harus lebih besar dari q+1, dan q adalah jumlah variabel prediktor. Persamaan (3) mewakili respon ke-i yang dapat ditulis sebagai berikut:

$$Y_{(i)} = XB_{(i)} + \epsilon_{(i)} \tag{5}$$

dengan $E(\epsilon_i) = 0$ dan $Cov(\epsilon_{(i)}, \epsilon_{(k)}) = \sigma_{ik}I$, untuk $i, k = 1, 2, \dots, p$ dan I adalah matriks identitas [9]. Model regresi linear pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Y_{n \times 2} = X_{n \times (q+1)} B_{(q+1) \times 2} + \epsilon_{n \times 2} \tag{6}$$

2.2.4. Pengujian signifikansi model regresi multivariat

Untuk menentukan signifikansi parameter dalam model regresi linear multivariat yang telah diestimasi, perlu dilakukan pengujian statistik. Pengujian signifikansi parameter meliputi pengujian simultan dan pengujian parsial. Namun, dalam konteks model regresi linear multivariat dengan hanya satu variabel prediktor, hanya pengujian simultan yang dapat dilakukan. Untuk melakukan pengujian ini, digunakan uji Wilk's Lambda dengan hipotesis sebagai berikut:

- $H_0 : \beta_{11} = \beta_{12} = 0$; yaitu parameter tidak signifikan terhadap model
 - $H_1 : \text{paling sedikit ada } \beta_{qp} \neq 0$; yaitu paling sedikit ada 1 parameter yang signifikan terhadap model.
- Statistik uji yang digunakan sebagai berikut:

$$\Lambda = \frac{|E|}{|E+H|} = \frac{|Y'Y - \hat{B}'X'Y|}{|Y'Y - n\bar{y}\bar{y}|} \tag{7}$$

2.2.5. Pengujian asumsi residual identik

- Uji asumsi residual identik/homogen dilakukan dengan menggunakan statistik uji Box's M, dengan hipotesis:
- H0 : $\Sigma_1 = \Sigma_2 = \dots = \Sigma_q = \Sigma$
 - H1 : minimal ada satu $\Sigma_k \neq \Sigma_1$, untuk $k \neq 1$

Statistik uji yang digunakan sebagai berikut:

$$u = -2(1 - c_1) \ln M \quad (8)$$

Metode pengambilan keputusan atau kesimpulannya yaitu H_0 diterima, yaitu matriks-matriks varian dan kovarian adalah identik/homogen jika $u > \chi^2_{\alpha, \frac{1}{2}(k-1)p(p+1)}$ dengan $\frac{1}{2}(k-1)p(p+1)$ adalah derajat bebas.

2.2.6. Pengujian asumsi residual independen

Uji asumsi residual independen dilakukan dengan menggunakan uji *Bartlett Sphericity* dengan hipotesis:

H_0 : residual bersifat independen

H_1 : residual bersifat dependen

Statistik uji yang digunakan sebagai berikut:

$$\chi^2 = \left\{ n-1 - \frac{2p+5}{6} \right\} \ln|R| \tag{9}$$

p adalah total variabel respon dan $\ln|R|$ adalah logaritma natural determinan matriks korelasi masing-masing variabel respon. Teknik pengambilan keputusan atau kesimpulannya yaitu H_0 ditolak jika $\chi^2 > \chi^2_{\frac{1}{\alpha}, p(p-1)}$ dengan $\frac{1}{2}p(p-1)$ adalah derajat bebas.

2.2.7. Pengujian asumsi residual berdistribusi normal multivariat

Uji asumsi ini dapat dilakukan dengan menghitung jarak kuadrat pada setiap residual pengamatan dengan hipotesis:

H_0 : residual berdistribusi normal multivariat

H_1 : residual tidak berdistribusi normal multivariat

Statistik uji yang digunakan sebagai berikut:

$$d_i^2 = (\epsilon_i - \bar{\epsilon})^T S^{-1} (\epsilon_i - \bar{\epsilon}) \tag{10}$$

dengan ϵ_i adalah vektor residual pengamatan ke- i , $\bar{\epsilon}$ adalah vektor rata-rata residual pengamatan, S^{-1} adalah invers matriks varian-kovarian residual pengamatan, dan d_i^2 adalah jarak mahalanobis.

3. Pembahasan

3.1. Statistik Deskriptif Data

Berikut adalah statistik deskriptif data variabel respon dan variabel prediktor dalam penelitian ini

Tabel 1. Data statistik deskriptif variabel

| Variabel | Jumlah Data | Min | Maks | Rata-rata |
|---------------|-------------|-------|-------|-----------|
| x | 36 | 4 | 9 | 6,39 |
| y_1 (°C) | 36 | 89,60 | 116 | 98,55 |
| y_2 (Menit) | 36 | 6,50 | 12,57 | 9,35 |

3.2. Pengujian Data

3.2.1. Pengujian Kebebasan Antar Variabel Respon

Berdasarkan persamaan (2) pada data suhu kompon karet (Y_1) dan waktu *scorching* kompon karet (Y_2) diperoleh nilai $\chi^2 = 11,893$ dimana $\chi^2_{0,05,1} = 3,481$. Nilai χ^2 untuk dua variabel respon lebih besar dari nilai $\chi^2_{0,05,1}$, maka H_0 ditolak dan dapat disimpulkan bahwa variabel suhu kompon dengan waktu *scorching* bersifat dependen (berkorelasi) sehingga analisis regresi multivariat dapat digunakan.

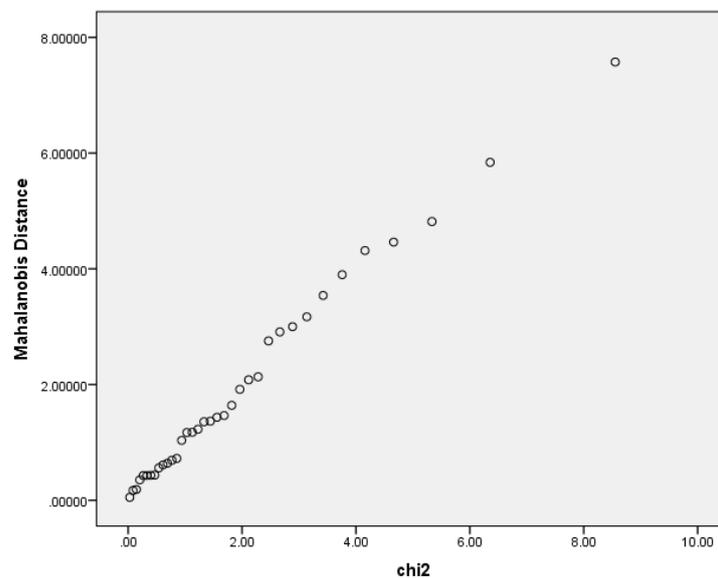
3.2.2. Pengujian Normal Multivariat pada Variabel Respon

Pengujian didasarkan pada nilai *square distance* d_i^2 Berdasarkan persamaan (3). Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai d_i^2 untuk setiap data variabel respon sebagaimana Tabel 2.

Tabel 2. Data nilai d_i^2 variabel respon

| i | d_i^2 | i | d_i^2 |
|----|---------|----|---------|
| 1 | 1,6406 | 19 | 1,1710 |
| 2 | 1,3570 | 20 | 1,2269 |
| 3 | 1,4348 | 21 | 0,1707 |
| 4 | 4,8162 | 22 | 4,3161 |
| 5 | 1,4642 | 23 | 0,6119 |
| 6 | 1,9165 | 24 | 0,6922 |
| 7 | 2,1335 | 25 | 5,8404 |
| 8 | 3,8982 | 26 | 0,0511 |
| 9 | 0,4278 | 27 | 0,4308 |
| 10 | 0,5602 | 28 | 0,3524 |
| 11 | 1,1753 | 29 | 2,7546 |
| 12 | 1,3673 | 30 | 0,7233 |
| 13 | 1,0350 | 31 | 3,0004 |
| 14 | 0,4352 | 32 | 0,6400 |
| 15 | 0,1874 | 33 | 2,0826 |
| 16 | 0,4291 | 34 | 4,4622 |
| 17 | 3,1702 | 35 | 7,5747 |
| 18 | 2,9100 | 36 | 3,5401 |

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh nilai d_i^2 dari masing-masing pengamatan variabel respon, kemudian dibandingkan dengan nilai chi square data pengamatan variabel respon. Perbandingan nilai d_i^2 dengan nilai *chi square* digambarkan dalam grafik *scatter plot*.

Gambar 1. Scatterplot d_i^2 dengan *chi square* variabel respon

Berdasarkan perhitungan korelasi pearson didapatkan nilai korelasi antara nilai d_i^2 dengan $chi\ square$ sebesar 0,995, hal ini menunjukkan bahwa korelasi d_i^2 dengan $chi\ square$ data pengamatan sangat tinggi sehingga disimpulkan bahwa data variabel respon berdistribusi normal.

3.2.3. *Estimasi Parameter*

Metode kuadrat terkecil (*least square*) digunakan untuk mengestimasi parameter B, maka estimasi parameter B adalah $\hat{B} = (X'X)^{-1}X'Y$. Dengan menggunakan formulasi sebelumnya diperoleh estimasi parameter yaitu $\hat{B} = \begin{bmatrix} 78,590 & 15,759 \\ 3,125 & -1,003 \end{bmatrix}$, dimana $\hat{B}_{(1)} = \begin{pmatrix} 78,590 \\ 3,125 \end{pmatrix}$ dan $\hat{B}_{(2)} = \begin{pmatrix} 15,759 \\ -1,003 \end{pmatrix}$. Peramalan model regresi linear multivariat simpel sebagai berikut:

$$[\hat{Y}_{(1)} \ \hat{Y}_{(2)}] = [78,590+3,125X \quad 15,759-1,003X]$$

3.2.4. *Pengujian Signifikansi Parameter pada Model Regresi Linear Multivariat*

Berdasarkan perhitungan persamaan (7) didapatkan nilai Λ sebesar 0,075 dan nilai Λ tabel sebesar 0,813. Nilai $\Lambda_{hit} = 0,075 < \Lambda_{0,05;2;1;34} = 0,813$, maka dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak yang berarti bahwa parameter berpengaruh signifikan terhadap model regresi linear multivariat.

3.2.5. *Hubungan Antara Variabel Respon dan Variabel Prediktor*

Hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor pada regresi multivariat dapat diidentifikasi dengan nilai *eta square lambda* (η_{Δ}^2). Nilai *eta square lambda* (η_{Δ}^2) diperoleh dari selisih nilai satu dengan nilai *Wilks Lambda* regresi multivariat, jadi nilai *eta square lambda* (η_{Δ}^2) sebesar $1 - 0,075$ yaitu 0,925. Dapat disimpulkan bahwa model regresi tersebut dapat menjelaskan informasi data sebesar 92,5 % sedangkan sisanya sebesar 7,25 % dijelaskan oleh variabel prediktor yang lain yang tidak masuk dalam penelitian.

Model peramalan regresi linear multivariat yang diperoleh adalah $[\hat{Y}_{(1)} \ \hat{Y}_{(2)}] = [78,590+3,125X \quad 15,759-1,003X]$. $\hat{Y}_{(1)} = 78,590+3,125X$ menunjukkan bahwa jika jumlah *batch* kompon karet yang diproses pada mesin *straining* bertambah satu *batch* dengan kasa saring yang sama maka suhu kompon karet hasil proses *straining* akan naik sebesar 3,125 derajat celcius. $\hat{Y}_{(2)} = 15,759-1,003X$ menunjukkan bahwa jika jumlah *batch* kompon karet yang diproses pada mesin *straining* bertambah satu *batch* dengan kasa saring yang sama maka waktu *scorching* kompon karet hasil proses *straining* akan berkurang sebesar 1,003 menit.

3.2.6. *Pengujian asumsi residual identik*

Uji asumsi residual identik/homogen dilakukan dengan menggunakan statistik uji Box's M, menghasilkan nilai statistik uji Box's M sebesar 45,085 dengan *p-value* sebesar 0,005. Nilai *p-value* lebih kecil dari 0,05 maka tolak H_0 yaitu matriks varian-kovarian residual tidak homogen sehingga dapat disimpulkan bahwa residual tidak identik.

3.2.7. *Pengujian asumsi residual independen*

Berdasarkan persamaan (9) pada data residual suhu kompon karet (Y_1) dan waktu *scorching* kompon karet (Y_2) diperoleh nilai $\chi^2 = 3,101$ dimana $\chi_{0,05,1}^2 = 3,841$. Nilai χ^2 untuk dua variabel respon lebih kecil dari nilai $\chi_{0,05,1}^2$, maka H_0 ditolak dan dapat disimpulkan bahwa variabel residual suhu kompon dengan waktu *scorching* bersifat independen.

3.2.8. *Pengujian asumsi residual berdistribusi normal multivariat*

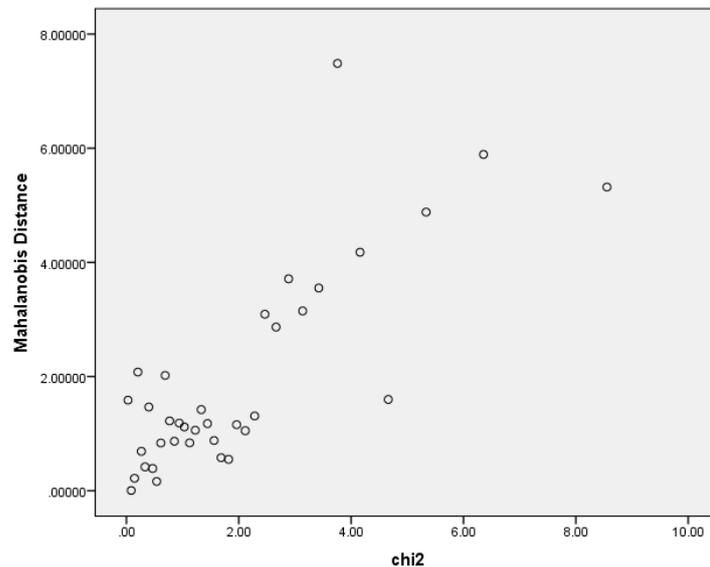
Pengujian didasarkan pada nilai *square distance* d_i^2 Berdasarkan persamaan (10). Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai d_i^2 untuk setiap data residual variabel respon sebagaimana Tabel 3.

Tabel 3. Data nilai d_i^2 residual variabel respon

| i | d_i^2 | i | d_i^2 |
|---|---------|---|---------|
|---|---------|---|---------|

| | | | |
|----|--------|----|--------|
| 1 | 1,5867 | 19 | 1,1758 |
| 2 | 0,0040 | 20 | 0,8793 |
| 3 | 0,2183 | 21 | 0,5796 |
| 4 | 2,0786 | 22 | 0,5499 |
| 5 | 0,6894 | 23 | 1,1564 |
| 6 | 0,4177 | 24 | 1,0517 |
| 7 | 1,4666 | 25 | 1,3090 |
| 8 | 0,3892 | 26 | 3,0915 |
| 9 | 0,1619 | 27 | 2,8665 |
| 10 | 0,8359 | 28 | 3,7116 |
| 11 | 2,0193 | 29 | 3,1488 |
| 12 | 1,2228 | 30 | 3,5517 |
| 13 | 0,8663 | 31 | 7,4861 |
| 14 | 1,1845 | 32 | 4,1774 |
| 15 | 1,1162 | 33 | 1,5984 |
| 16 | 0,8384 | 34 | 4,8807 |
| 17 | 1,0599 | 35 | 5,8908 |
| 18 | 1,4201 | 36 | 5,3192 |

Berdasarkan tabel 3 diperoleh nilai d_i^2 dari masing-masing pengamatan residual variabel respon, kemudian dibandingkan dengan nilai *chi square* data pengamatan residual variabel respon. Perbandingan nilai d_i^2 dengan nilai *chi square* digambarkan dalam grafik *scatter plot*.



Berdasarkan perhitungan korelasi pearson didapatkan nilai korelasi antara nilai d_i^2 dengan *chi square* sebesar 0,995, hal ini menunjukkan bahwa korelasi d_i^2 dengan *chi square* data pengamatan sangat tinggi sehingga disimpulkan bahwa data residual variabel respon berdistribusi normal.

Salah satu aplikasi ekstrusi karet adalah proses penyaringan (*straining*) kompon karet untuk menghilangkan kontaminan dengan mesin strainer. Pada proses penyaringan dengan mesin strainer, kompon karet dilunakkan dalam barel dengan screw berputar dan kompon dilewatkan pada penyaring berupa kasa saring (*mesh*) pada kepala strainer. Aplikasi kasa saring akan menurunkan aliran material (*dragflow*) dan meningkatkan *pressure flow/backflow* material sehingga meningkatkan efek pencampuran dan *shear heat* juga meningkat [6]. Proses *straining* yang berulang (*batch*) mengakibatkan kasa saring semakin lama semakin aus, lubang mesh tertutupi kontaminan, sehingga proses *straining* menjadi tidak optimal serta memungkinkan kenaikan temperatur proses semakin tinggi. Semakin tinggi suhu kompon karet dalam barrel ekstrusi akan menurunkan *scorch time* kompon karet. [15] Ini disebabkan oleh kenyataan bahwa panas memiliki kemampuan untuk meningkatkan laju reaksi. Oleh karena itu, ketika suhu meningkat, reaksi antara molekul karet dan bahan aditifnya dapat berlangsung dengan lebih cepat [16]. Hal ini meningkatkan resiko terjadinya *scorching* pada kompon karet hasil *straining*, yang pada akhirnya kompon karet akan mati pada proses pembentukan selanjutnya. Durasi penggunaan kasa saring pada proses *straining* menjadi faktor penting.

Karet dengan karakteristik khasnya telah banyak digunakan sebagai bahan baku utama produk-produk otomotif, rumah tangga dan lain sebagainya. Karakteristik utama karet adalah elastisitas dan didukung oleh sifat-sifat fisis lainnya yang mendukung kemampuan dan fungsi suatu produk. Sifat fisis karet ditopang oleh struktur molekul tiga dimensi yang terbentuk pada pemrosesan karet (vulkanisasi). Derajat vulkanisasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanik produk karet akhir. Sifat-sifat mekanik seperti kekuatan tarik, elastisitas, kekerasan, dan ketahanan terhadap deformasi dapat berubah seiring dengan perubahan derajat vulkanisasi. Proses vulkanisasi membentuk ikatan silang antara rantai molekul karet, yang mempengaruhi kekuatan dan stabilitas struktur produk akhir karet. Oleh karena itu, pengendalian derajat vulkanisasi sangat penting untuk mencapai sifat mekanik yang diinginkan dalam produk karet [1]. Vulkanisasi kompon karet terjadi dengan bahan pemvulkanisasi dan media panas, terbentuk ikatan silang tiga dimensi pada struktur molekul karet (*crosslinking density*) sehingga karet lebih stabil terhadap panas dengan perbaikan karakteristik fisisnya [2].

Vulkanisasi merupakan proses yang disengaja dan diharapkan, sehingga pada produk karet terbentuk ikatan silang tiga dimensi pada struktur molekulnya. Namun ikatan silang tiga dimensi dapat terjadi pada kompon karet yang belum dilakukan proses pembentukan (*scorching*). *Scorch* merupakan vulkanisasi prematur pada kompon karet dimana mulai terbentuk ikatan silang tiga dimensi sehingga menyebabkan kompon karet mengalami penurunan sifat plastis dan tidak dapat diproses lagi (kompon mati). *Scorching* disebabkan oleh peningkatan suhu dan waktu selama pemrosesan kompon karet [3].

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa penggunaan kasa saring dalam proses *straining* dan pengaruhnya terhadap karakteristik kompon karet hasil proses *straining* telah dapat dimodelkan dalam model regresi linear multivariat. Karakteristik kompon karet yaitu suhu dan waktu *scorching* kompon karet berkorelasi satu sama lain dan nilai-nilainya dapat diramalkan terhadap jumlah *batch* proses *straining* dengan kasa saring yang sama mengikuti model berikut $[Y_{(1)} \quad Y_{(2)}] = [78,590 + 3,125X \quad 15,759 - 1,003X]$. Nilai *eta square lambda* (η_{Δ}^2) sebesar 0,925 menggambarkan model regresi multivariat bisa menerangkan informasi data senilai 92,5 % dan sisanya senilai 7,25 % diterangkan variabel prediktor lain dalam penelitian. Berdasarkan model regresi linear multivariat tersebut dapat diperhitungkan periode penggantian kasa saring yang tepat pada proses *straining* kompon karet yang meningkatkan efisiensi proses pengolahan kompon karet dan meminimalkan kemungkinan kompon karet mati dalam proses (*scorching*).

Referensi

- [1] J. Wu, W. Xing, G. Huang, H. Li, M. Tang, S. Wu, and Y. Liu, "Vulcanization kinetics of graphene/ natural rubber nanocomposites", *Polymer*, 54, 3314-3323, 2013. doi <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2013.04.044>
- [2] J.E. Mark, B. Erman, and F.R. Eirich, "Science and Technology of Rubber 3rd edition" *United State of America Elsevier Academic press*, 2005.
- [3] S.H. Al-Nesrawy, M. Al-Maamori, and H.R. Jappor, "Effect of Temperature on Rheological Properties of SBR Compounds Reinforced by Some Industriari Scraps As A Filler", *International Journal of Chemical Science*, 14 (3), pp. 1285 – 1295, 2016. [Online]. Available: <https://www.tsijournals.com/journals/archive/tsijcs-volume-14-issue-3-year-2016.html>
- [4] J.G. Sommer "Engineered Rubber Product, Introduction to design manufacture and testing", *Munich Hanser Publisher*, 2009. doi <https://doi.org/10.3139/9783446433441.fm>
- [5] P. G. Lafleur and B. Vergnes, "Polymer extrusion", *John Wiley & Sons, Hoboken*, 2014. doi <https://doi.org/10.1002/9781118827123>
- [6] H. Nishizawa, "Heat controls and rubber flow behavior in screw of extruder and injection machine and the problems occurring in these processes", *international polymer science technology* 43, 41-50, 2016. doi <https://doi.org/10.1177/0307174X1604300409>
- [7] Y. Suwarno and D. Eprizal, "Effects of Total Batch of Straining Process on Scorching Time of Rubber Compound", 2nd *International Conference on Science Development and Technology*, Vol 2, No 1, 2022. [Online]. Available: <http://jurnal.uinsu.ac.id/index.php/icosdtech/>
- [8] S. Chatterjee and A.S. Hadi, "Regression Analysis by Example Fourth Edition", New York: *A Wiley-Interscience Publication*, 2006. doi <https://doi.org/10.1002/0470055464>
- [9] R.A. Johnson and D.W. Wichern "Applied Multivariate Statistical Analysis Sixth Edition", *New Jersey Prentice Hal*, 2007
- [10] Saniyah and B. Pratikno, "Regresi Linear Bivariat Sempel Dan Aplikasinya Pada Data Cuaca Di Cilacap", *Jurnal Matematika dan Pendidikan*, Vol 6 No 1, 2014. doi <https://doi.org/10.20884/1.jmp.2014.6.1.2902>.
- [11] F. Shofiyah, "Analisis Regresi Linier Multivariat Pada Kandungan Daun Tembakau", *Jurnal Ilmiah Matematika*, Vol 6 No 2, 2018. [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/mathunesa/article/view/24077>
- [12] E. Lestari, R. Goejantoro, M.N. Hayati, "Pemilihan Model Regresi Linier Multivariat Terbaik Dengan Kriteria Mean Square Error dan Akaike's Information Criterion", *Prosiding Seminar Sains dan Teknologi FMIPA Unmul*, 2016. [Online]. Available: <https://fmipa.unmul.ac.id/jurnal/detail/286>
- [13] A.C. Rencher, "Methods of Multivariate Analysis, Second Edition", New York John Wiley and Sons Inc, 2002. doi <https://doi.org/10.1002/0471271357>
- [14] D.F. Morrison, "Multivariate Statistical Methods Third Edition", *The Wharton School University of Pennsylvania*, 2005
- [15] N. A. Talib, O. Ertunc, T. Turkistanli, E. Aydin, "Experimental and Numerical Study of Rubber Flow in the Extrusion Die of a Weather Strip", *Journal of Chemical Engineering of Japan*, Vol 52, No. 12, 2019. doi <https://doi.org/10.1252/jcej.18we282>
- [16] A. Yuniari, H. E. mayasari, I. Setyorini, "Curing Characteristics, Swelling, and Mechanical Properties of natural Rubber/Nitrile Butadiene Rubber Blends With And Without Compatibilizer", *Majalah Karet, Kulit dan Plastik*, 33 (2), 2017. doi <https://doi.org/10.20543/mkpp.v33i2.3265>