

Penerapan Regresi Robust Dengan Menggunakan Estimasi *Method Of Moment* Untuk Menangani Pencilan Pada Pemodelan Regresi Berganda

Rahmiatun¹⁾, Gusti Ngurah Adhi Wibawa¹⁾, Irma Yahya¹⁾, Agusrawati¹⁾,
Gusti Arviana Rahman¹⁾ dan Baharuddin¹⁾

¹⁾Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

Email: rahmiatunsari@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penerapan regresi *robust* dengan estimasi *method of moment* dalam menangani data pencilan pada pemodelan regresi berganda. Regresi linear berganda merupakan metode regresi yang melibatkan satu variabel terikat dan beberapa variabel bebas. Regresi robust merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis amatan yang mengandung pencilan. Hasil penelitian ini diimplementasikan dalam kasus hasil produksi jagung di Provinsi Sulawesi Tenggara. Variabel bebas yang digunakan adalah luas panen, bibit dan pupuk. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variabel bebas yang berpengaruh adalah luas panen dan dengan menggunakan regresi robust estimasi *method of moment* diperoleh hasil regresi berikut.

Kata kunci: Regresi Linear Berganda, Pencilan, Regresi Robust, Estimasi MM.

ABSTRACT

This research aimed to determine the application of Robust regression with estimation Method of Moment in handling outlier data in multiple regression modeling. Multiple linear regression is a regression method that involves one dependent variable and several independent variables. Robust regression is a method used to analyze observations that contain outliers. The results of this research were implemented in the case of corn production in Southeast Sulawesi Province. The independent variables used were harvested area, seeds and fertilizers. The result of this research indicate that the influential independent variable is harvested area and by using Robust regression estimation Method of Moment obtained the following regression results.

Keywords: Multiple Linear Regression, Outliers, Robust Regression, MM estimation

1. Pendahuluan

Produksi jagung di Provinsi Sulawesi Tenggara sangat bervariasi cukup besar. Produksi jagung pada tahun 2014 sampai dengan tahun 2019 di mana terus mengalami peningkatan. Sementara untuk tahun 2020 mengalami penurunan jumlah produksi dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya. Kabupaten Kolaka Utara, Konawe Selatan dan Muna di mana ketiga kabupaten tersebut merupakan kabupaten dengan tingkat produksi jagung yang tinggi. Sementara di daerah lainnya produksi jagung relatif rendah seperti kabupaten Wakatobi. Berdasarkan fenomena tersebut maka perlu diketahui faktor-faktor apa yang menyebabkan produksi jagung yang sangat besar dari kabupaten lainnya.

Regresi Robust disarankan dapat mengatasi masalah pencilan dalam data untuk mengestimasi parameter, salah satunya adalah Metode Momen (MM) yang digunakan untuk data yang terdeteksi pencilan pada variabel bebas dan variabel terikat serta memiliki nilai breakdown point yang tinggi (Nurdin dkk, 2014). Regresi robust digunakan untuk

mendeteksi pencilan dan memberikan hasil yang resisten terhadap adanya pencilan (Chen, 2002). Estimasi MM mempunyai kelebihan yaitu dapat digunakan untuk data yang terdeteksi pencilan pada variabel bebas dan variabel terikat. Pencilan tidak dapat dibuang atau dihapus begitu saja dari pengamatan. Estimasi ini mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dibanding estimasi S. Menurut Draper dan Smith (1992), adakalanya pencilan memberikan informasi yang tidak bisa diberikan oleh titik data lainnya yang mungkin saja sangat penting dan perlu diselidiki lebih jauh.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk mengetahui keefektifan regresi robust pada data pencilan dengan metode Estimasi MM pada regresi linier berganda dengan judul "Penerapan Regresi Robust Dengan Metode Estimasi *Method of Moment* Untuk Menangani Pencilan Pada Pemodelan Regresi Berganda".

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui penerapan regresi Robust untuk mengetahui penduga parameter dengan menggunakan estimasi-MM pada data yang mengandung pencilan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Regresi Linear Berganda

Analisis regresi merupakan sebuah alat statistika yang memberikan penjelasan tentang pola hubungan antara dua variabel atau lebih. Variabel terikat disebut juga variabel dependen yaitu variabel yang keberadaannya dipengaruhi oleh variabel lainnya dan dinotasikan dengan Y. Variabel bebas disebut juga variabel independen yaitu variabel yang tidak dipengaruhi oleh variabel lainnya dan dinotasikan dengan X. Model regresi linier berganda dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i$$

$$i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{Walpole, 1992})$$

Dengan Y variabel terikat, X variabel bebas, β_j adalah parameter regresi, dan ε adalah galat (Gujarati, 2009).

2.2. Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui residual pada model regresi mempunyai distribusi normal atau tidak (Setyowaty, Akbarita & Robby, 2021).

Hipotesis:

$H_0: F(x) = F_0(x)$ (Residual berdistribusi normal)

$H_1: F(x) \neq F_0(x)$ (Residual tidak berdistribusi normal)

Dengan statistik uji:

$$D = \text{Sup}_x |S(x) - F_0(x)|$$

Kesimpulan: Tolak H_0 jika $D > D_{q(1-\alpha)}$ atau $p\text{value} < \alpha$ (Puspitasari, Susanti & Handajani, 2021).

2.3. Identifikasi Pencilan

Pencilan adalah pengamatan yang jauh dari pusat data yang mungkin berpengaruh besar terhadap koefisien regresi.

2.3.1. Metode Grafis

Keuntungan dari metode ini yaitu mudah dipahami karena menampilkan data secara grafis (gambar) dan tanpa melibatkan perhitungan yang rumit.

2.3.2. Nilai Pengaruh (Leverage Point)

Metode yang digunakan dalam mengidentifikasi pencilan terhadap variabel adalah nilai pengaruh (Leverage Point). Nilai pengaruh (h_{ii}) dari pengamatan (X_i, Y_i) menunjukkan besarnya peranan Y_i terhadap \hat{Y}_i dan didefinisikan sebagai:

$$h_{ii} = X_i^T (X^T X)^{-1} X_i; \quad i = 1, 2, \dots, n$$

2.3.3. Metode DfFITS

Metode ini menampilkan nilai perubahan dalam harga yang diprediksi apabila *case* tertentu yang dikeluarkan sudah distandarkan. Perhitungan DfFITS (Difference fitted value FITS) sebagai berikut:

$$(DfFITS)_i = t_i \left(\frac{h_{ii}}{1-h_{ii}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

2.4. Regresi Robust

Regresi robust merupakan metode regresi yang digunakan ketika distribusi dari galat tidak normal dan atau adanya beberapa pencilan yang berpengaruh pada model.

2.4.1. Estimasi S

Estimasi-S pertama kali diperkenalkan oleh Rousseeuw dan Yohai (1984) merupakan estimasi robust yang dapat mencapai breakdown point hingga 50%. Breakdown point adalah ukuran umum proporsi dari pencilan yang dapat ditangani sebelum pengamatan tersebut mempengaruhi model. Estimasi parameter regresi robust dengan IRLS, untuk l+1 iterasi adalah (Susanti, 2013) :

$$\hat{\beta} = (X^T W X)^{-1} X^T W Y$$

Salah satu estimasi yang mempunyai nilai high breakdown point adalah estimasi S. Bentuk estimator S adalah (Chen, 2002):

$$\bar{\beta}_s = \arg \min_{\beta} \hat{\sigma}_s(e_1, e_2, \dots, e_n)$$

dengan,

$$\hat{\sigma}_s = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n (e_i^2)^{\frac{1}{2}}}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n}}$$

2.4.2. Estimasi MM

Bentuk dari metode estimasi *Method of Moment* (MM) adalah (Yohai, 1987):

$$\bar{\beta}_{MM} = \arg \min_{\beta} \sum_{i=1}^n \rho \left(\frac{e_i}{\hat{\sigma}_s} \right) = \arg \min_{\beta} \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i - \sum_{j=0}^k x_{ij} \beta_j}{\hat{\sigma}_s} \right)$$

Metode estimasi MM juga menggunakan WLS (*Weighted Least Square*) untuk mencari estimasi parameter regresi. Dengan model persamaan dalam bentuk matriks adalah:

$$\hat{\beta}_j^{(m)} = (X^T W^{(m)} X)^{-1} (X^T W^{(m)} Y)$$

2.5. Jagung (Zea Mays)

Jagung (*Zea mays, L.*) merupakan tanaman sereal termasuk family poaceae, ordo Poales yang merupakan tanaman berumah satu (monoious) di mana letak bunga jantan terpisah dengan bunga betina tetapi masih dalam satu tanaman. Jagung adalah tanaman protandrus, yaitu mekarnya bunga jantan pelepasan tepung sari biasanya terjadi satu atau dua hari sebelum munculnya bunga betina (Warrier & Tripathi, 2011). Tanaman jagung adalah tanaman multifungsi memiliki banyak kegunaan, dan hampir seluruh bagian tanaman dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam keperluan, oleh karena itu jagung mempunyai arti penting dalam pengembangan industri di Indonesia karena

merupakan bahan baku untuk industri pangan (Bakhri, 2007).

3. Metode

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder dari Hasil Produksi Jagung di Provinsi Sulawesi Tenggara pada Tahun 2020 yang diperoleh dari Dinas Tanaman Pangan dan Peternakan Provinsi Sulawesi Tenggara berupa produksi jagung per kabupaten, luas panen jagung perhektar, jumlah benih yang digunakan disetiap kabupaten, jumlah pupuk yang disalurkan dan digunakan disetiap kabupatennya dan produktifitas produksi jagung disetiap kabupatennya. Teknik analisis data pada penelitian ini menggunakan regresi robust dengan estimasi MM dengan langkah-langkah penelitian sebagai berikut.

1. Melakukan plot antara masing-masing variabel bebas dan variabel terikat.
2. Melakukan analisis deskriptif berupa bar plot.
3. Mengidentifikasi adanya pencilan pada data menggunakan metode grafis (*Scatter Plot*).
4. Melakukan pemodelan analisis regresi berganda.
5. Melakukan pengujian asumsi klasik pada model regresi linear berganda.
6. Pengujian pencilan dengan menggunakan DFFITS (*Difference Fitted Value FITS*) dan Lverage Point.
7. Melakukan estimasi koefisien regresi robust menggunakan estimasi-S.
 - a. Menentukan estimasi awal MKT sehingga diperoleh $\hat{\beta}_0$
 - b. Mengestimasi parameter model regresi dengan estimasi-S.
 - c. Menghitung nilai e_i dari estimasi S
 - d. Menghitung nilai $\hat{\sigma}_s$.
 - e. Menghitung $u_i = \frac{e_i}{\hat{\sigma}_s}$
 - f. Menghitung nilai pembobot w_i

$$w_i = \begin{cases} [1 - (\frac{u_i}{c})^2]^2 & |u_i| \leq 1,547 \\ 0 & |u_i| > 1,547 \end{cases}$$
 - g. Mengestimasi parameter model regresi menggunakan WLS sehingga diperoleh sisaan baru.
 - h. Menjadikan langkah (e) sebagai sisaan awal langkah (f) sehingga diperoleh nilai u_i dan w_i yang baru.
 - i. Mengulang iterasi sampai nilai $\hat{\beta}_j$ yang konvergen.
8. Melakukan estimasi koefisien regresi robust menggunakan estimasi-MM.
 - a. Perhitungan pembobot awal estimasi MM hampir sama dengan estimasi S yaitu (w_i) menggunakan fungsi pembobot *Tukey's bisquare* dengan menentukan nilai \hat{Y} dengan nilai e_i kemudian menghitung nilai dari $\hat{\sigma}^{(1)}$ dan nilai u_i , dengan nilai *tuning constant* (c) = 4,685.

- b. Melakukan estimasi koefisien regresi robust menggunakan estimasi-MM dengan menghitung pembobot baru $w_i^{(2)}$ dengan skala estimasi iterasi di

awal *Weighted Least Square* (WLS) sehingga di peroleh sisaan baru.

- c. Kemudian ulangi perhitungan tersebut sehingga diperoleh nilai $\hat{\beta}_{MM}$ yang konvergen (selisih $\hat{\beta}_j^{(m+1)}$ dan $\hat{\beta}_j^{(m)}$ mendekati 0, dengan m banyaknya iterasi).

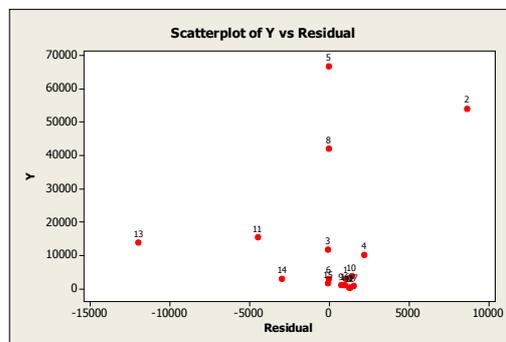
9. Melakukan uji signifikansi parameter dari variabel terikat dan varaibel bebas.
10. Melakukan pemodelan ulang terhadap estiamasi MM dari model estimasi MM sebelumnya untuk variabel yang signifikan.
11. Melakukan kembali uji signifikansi parameter.
12. Melakukan perhitungan koefisien determinasi untuk mengetahui seberapa besar model dalam menerangkan variansi variabel terikat.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Identifikasi Pencilan (Outlier)

Dalam mengidentifikasi adanya suatu pencilan pada data dapat dilakukan dengan menggunakan metode grafis.

Keuntungan dari metode grafis yaitu mudah dipahami karena menampilkan data secara grafis (gambar) dan tanpa melibatkan perhitungan yang rumit. Untuk metode grafis ini akan digunakan hasil plot dari nilai residual (e_i) dan nilai dari variable Y dengan hasil berikut.



Dapat dilihat ada beberapa titik yang tidak mendekati nilai lain dan memiliki posisi menjauh dari titik lain yaitu data ke-8, 5 dan 2 yaitu berurutan pada Kabupaten Kolaka Utara, Kabupaten Konawe Selatan dan Kabupaten Muna.

4.2. Analisis Regresi

Analisis regresi merupakan sebuah alat statistika yang memberikan penjelasan tentang pola hubungan antara dua variabel atau lebih. Hubungan fungsional atau hubungan kausal antara dua atau lebih variabel yang dinyatakan dalam suatu bentuk fungsi linier pada umumnya dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan matematika yang dibahas dalam analisis regresi (Nurdin dkk, 2014).

Dari data hasil produksi jagung yang di peroleh dari (Lampiran 2) didapatkan hasil regresi sebagai berikut:

$$\hat{Y} = -2280,41 + 3.9047X_1 - 36.8019X_2 + 2.8346X_3.$$

4.2.1. Uji Normalitas

Uji normalitas biasanya digunakan untuk mengukur data berskala ordinal, interval ataupun rasio. Jika analisis menggunakan metode parametrik, maka persyaratan normalitas harus terpenuhi yaitu data berasal dari distribusi yang normal. Ada beberapa cara dalam menguji kenormalan suatu data seperti dengan menggunakan plot.

Hipotesis:

$$H_0: F(x) = F_0(x) \text{ (Residual berdistribusi normal)}$$

$$H_1: F(x) \neq F_0(x) \text{ (Residual tidak berdistribusi normal)}$$

Dengan statistik uji:

$$D = \text{Sup}_x |S(x) - F_0(x)|$$

Kesimpulan:

Tolak H_0 jika $D > D_{q(1-\alpha)}$ atau $p_{value} < \alpha$

Tabel 1. Uji Kolmogorof Smirnof

	Unistandarized Residual
N	17
Kolmogorov Smirnov	0.31909
p-value	0.00000639

Berdasarkan uji Kolmogorov Smirnov ini di dapatkan hasil dari Kolmogorov Smirnov sebesar 0.31909. Dengan syarat uji Kolmogorov Smirnov yaitu apabila $(D = 0.31909) < (D_{q(1-\alpha)} = 0.318)$ dapat disimpulkan bahwa tolak H_0 maka uji dapat dikatakan bahwa residual tersebut berdistribusi tidak normal. Hal tersebut merupakan indikasi adanya data pencilan.

4.2.2. Pencilan (Outlier)

Pengaruh pencilan dalam analisis data dapat dibedakan berdasarkan asal pencilan tersebut yaitu yang berasal dari peubah respon atau berasal dari peubah bebasnya.

4.2.3. Nilai Pengaruh (Leverage Point)

Suatu pengamatan ke-i data diidentifikasi sebagai pencilan apabila nilai $h_{ii} > 2\bar{h}_{ii}$. Sehingga pengamatan ke-i dikatakan pencilan terhadap X.

$$2\bar{h}_{ii} = \frac{2k}{n} = \frac{2(p-1)}{n}$$

$$2\bar{h}_{ii} = \frac{2(4-1)}{17}$$

$$2\bar{h}_{ii} = 0,3529$$

Setelah diperoleh nilai dari $2\bar{h}_{ii}$ sebesar 0,3529 yang kemudian akan di bandingkan dengan nilai dari h_{ii} yang terdapat pada table berikut.

No.	Kabupaten/Kota	h_{ii}
1.	Buton	0,082001
2.	Muna	0,668905
3.	Konawe	0,068689
4.	Kolaka	0,069639
5.	Konawe Selatan	0,981677
6.	Bombana	0,107261
7.	Wakatobi	0,098106
8.	Kolaka Utara	0,993957
9.	Buton utara	0,089997
10.	Konawe Utara	0,079686
11.	Kolaka Timur	0,110900
12.	Konawe Kepulauan	0,098951
13.	Muna Barat	0,205504
14.	Buton Tengah	0,072396
15.	Buton Selatan	0,083038
16.	Kota Kendari	0,093107
17.	Kota Bau-Bau	0,096184

Berdasarkan Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa data yang mengandung pencilan yaitu pada data ke-2, 5 dan 8 yaitu berturut-turut pada Kabupaten Muna, Kabupaten Konawe Selatan dan Kabupaten Kolaka Utara.

4.2.4. Metode DfFITS

Suatu data yang mempunyai nilai absolut

$DfFITS$ lebih besar dari $2\sqrt{\frac{p}{n}}$ maka

diidentifikasi sebagai pencilan, dengan p adalah banyaknya parameter, dan n adalah banyaknya observasi. Dari data penelitian ini di peroleh nilai

$$\text{dari } 2\sqrt{\frac{p}{n}} = 2\sqrt{\frac{4}{17}} = 0,9699. \text{ Sehingga}$$

pengamatan ke-i dikatakan pencilan terhadap \hat{Y} . Untuk mengetahui data-data mana saja yang termasuk data pencilan maka nilai DfFITS dapat dilihat pada table berikut.

Berdasarkan nilai DfFITS yang di bandingkan dengan nilai perhitungan yang diperoleh sebesar 0,9699. Pada perhitungan menggunakan metode nilai pengaruh dimana ada tiga data yang mengandung pencilan dan dengan menggunakan metode DfFITS ini hanya ada satu data yang mengandung pencilan yang berpengaruh yaitu data ke-2 yaitu Kabupaten Muna.

4.3. Regresi Robust

Dikarenakan terdapat pencilan maka prosedur regresi robust dapat diterapkan untuk mengatasi masalah pencilan yaitu dengan menggunakan estimasi MM (Method Of Moment). Estimasi parameter regresi robust dengan estimasi MM dimulai dengan mencari parameter regresi robust dengan estimasi S. Perhitungan koefisien

Tabel 3. Nilai DfFITS

Tabel 2. Tabel Nilai h_{ii}

No.	Kabupaten/Kota	DfFITS	DfFITS
1.	Buton	0,0711	0,0711
2.	Muna	12,7250	12,7250
3.	Konawe	-0,0023	0,0023
4.	Kolaka	0,1363	0,1363
5.	Konsel	0,0672	0,0672
6.	Bombana	0,0001	0,0001
7.	Wakatobi	0,0980	0,0980
No.	Kabupaten/Kota	DfFITS	DfFITS
8.	Kolaka Utara	0,5220	0,5220
9.	Buton utara	0,0558	0,0558
10.	Konawe Utara	0,0948	0,0948
11.	Kolaka Timur	-0,3740	0,3740
12.	Konawe Kepulauan	0,0967	0,0967
13.	Muna Barat	-2,5964	2,5964
14.	Buton Tengah	-0,1842	0,1842
15.	Buton Selatan	-0,0030	0,0030
16.	Kota Kendari	0,0731	0,0731
17.	Kota Bau-Bau	0,1152	0,1152

regresi pada Estimasi S dengan menggunakan nilai \hat{Y} dan residual (e_i) dari hasil estimasi OLS. Dengan Metode Kuadrat Terkecil (MKT) didapatkan hasil persamaan berikut.

$$\hat{Y} = -1484.5505 + 4.1946X_1 - 4.8955X_2 + 7.0340X_3$$

Proses iterasi menggunakan MKT terboboti dilanjutkan dengan menghitung residual dan pembobot dan dilakukan pendugaan parameter sampai konvergen.

4.3.1. Estimasi S

Pembobotan pada estimasi S menggunakan nilai c yang digunakan adalah 1,547. Adapun Hasil perhitungan setiap iterasi pada estimasi-S sebagai berikut :

Tabel 4. Model regresi dengan estimasi S

Tahapan	Estimasi S			
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$
MKT	-1484.66	4.1946	4.8955	7.0340
Iterasi 1	-194.10	4.5446	-213.093	68.9655
Iterasi 2	-536.14	5.3238	-24.1316	-0.3848
Iterasi 3	-536.17	5.3238	-24.1316	-0.3848
Iterasi 4	-536.14	5.3238	-24.1316	-0.3848
Iterasi 5	-536.14	5.3238	-24.1316	-0.3848

Berdasarkan Tabel 4 terlihat bahwa koefisien regresi sudah konvergen pada iterasi ke 3 karena selisih nilai $\hat{\beta}_j^{2+1}$ dan $\hat{\beta}_j^2$ sudah 0. Dari hasil estimasi tersebut sehingga diperoleh estimasi parameter yang konvergen yaitu sebagai berikut.

$$\hat{Y} = -536.14 + 5.3238X_1 - 24.1316X_2 - 0.33848X_3$$

4.3.2. Estimasi MM

Setelah diperoleh model dari metode S, maka dilanjutkan dengan estimasi MM. Perhitungan pembobot awal estimasi MM hampir sama dengan estimasi S yaitu menentukan nilai \hat{Y} dan nilai e_i

kemudian menghitung nilai dari $\hat{\sigma}^{(1)}$, nilai $\hat{\sigma}^{(1)}$ pada iterasi 1 tersebut digunakan pada perhitungan iterasi 2 dan seterusnya sampai dengan iterasi konvergen. Berbeda dengan estimasi S kriteria pembobotan pada estimasi MM nilai c yang digunakan adalah 4,685. Model yang diperoleh dari hasil Iterasi 1 dan lanjutan adalah sebagai berikut.

Tabel 5. Model regresi dengan estimasi MM

Tahapan	Estimasi MM			
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$
Estimasi S	-536.1368	5.3238	-24.1316	-0.3848
Iterasi 1	-931.2019	4.0840	-5.5782	7.8228
Iterasi 2	-705.0606	4.0092	-4.9472	8.2133
Iterasi 3	-675.8910	3.9774	-4.6390	8.4303
Iterasi 4	-670.9106	3.9546	-4.3667	8.5869
Iterasi 6	-659.6826	3.9182	-3.8934	8.8252
Iterasi 7	-655.5097	3.9044	-3.7147	8.9157
Iterasi 8	-652.0440	3.8929	-3.5661	8.9910
Iterasi 9	-649.1668	3.8834	-3.4425	9.0536
Iterasi 10	-646.7808	3.8755	-3.3399	9.1055
Iterasi 11	-644.8038	3.8689	-3.2549	9.1485
Iterasi 12	-643.0547	3.3815	-3.1815	9.1846
Iterasi 13	-641.8122	3.8590	-3.1260	9.2137
Iterasi 14	-640.6916	3.8553	-3.0778	9.2381
Iterasi 15	-640.4926	3.8539	-3.0316	9.2561
Iterasi 16	-638.9990	3.8496	-3.0048	9.2750
Iterasi 17	-638.3660	3.8475	-2.9775	9.2888
Iterasi 18	-637.8429	3.8458	-2.9549	9.3003
Iterasi 19	-637.4107	3.8443	-2.9362	9.3097
Iterasi 20	-637.0538	3.8432	-2.9208	9.3175
Iterasi 21	-636.7589	3.8422	-2.9081	9.3239
Iterasi 22	-636.5154	3.8414	-2.8976	9.3292
Iterasi 23	-636.3143	3.8407	-2.8889	9.3336
Iterasi 24	-636.1483	3.8401	-2.8818	9.3373
Iterasi 25	-636.0111	3.8397	-2.8758	9.3402
Iterasi 26	-635.8979	3.8393	-2.8709	9.3427
Iterasi 27	-635.8045	3.8390	-2.8669	9.3448
Iterasi 28	-635.7273	3.8387	-2.8636	9.3464
Iterasi 29	-635.6636	3.8385	-2.8608	9.3478
Iterasi 30	-635.6109	3.8384	-2.8585	9.3490
Iterasi 31	-635.6109	3.8384	-2.8585	9.3490

Berdasarkan tabel dapat dilihat bahwa setelah dilakukan pemodelan dengan menggunakan estimasi MM dilakukan iterasi sebanyak 31 kali yang dilakukan agar hasil iterasi konvergen. Parameter-parameter awal untuk estimasi MM diperoleh dari model metode S yang konvergen. Diketahui bahwa iterasi telah konvergen pada iterasi ke 31 dikarenakan model pada iterasi 30 dan iterasi 31 sama.

4.3.3. Uji Signifikansi Parameter

Uji F digunakan untuk menguji signifikan tidaknya pengaruh variabel bebas secara simultan terhadap variabel terikat.

$H_0: \beta_1, \beta_2, \beta_3 = 0$, (Seluruh variabel independen tidak berpengaruh signifikan)

secara simultan terhadap variabel dependen).

$H_1: \beta_1, \beta_2, \beta_3 \neq 0$, (Seluruh variabel berpengaruh signifikan secara simultan terhadap variabel dependen).

Statistik Uji:

Tabel 6. Uji signifikansi Simultan (Uji F)

Model	Df	sF _{hitung}	F _{tabel}
Regression	13	106	3.49

Kesimpulan:

Dapat diketahui bahwa nilai F_{hitung} (108) > F_{tabel} (3.49) maka tolak H_0 . Jadi, kesimpulannya yaitu variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat.

Uji t digunakan untuk mengetahui masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikat.

Hipotesis:

– Luas panen (X_1) terhadap produksi jagung (Y)

$H_0: \beta_1 = 0$, (artinya variabel bebas secara parsial tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel terikat).

$H_1: \beta_1 \neq 0$, (artinya variabel bebas secara parsial memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel terikat).

– Bibit (X_2) terhadap produksi jagung (Y)

$H_0: \beta_2 = 0$, (artinya variabel bebas secara parsial tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel terikat).

$H_1: \beta_2 \neq 0$, (artinya variabel bebas secara parsial memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel terikat).

– Pupuk (X_3) terhadap produksi jagung (Y)

$H_0: \beta_3 = 0$, (artinya variabel bebas secara parsial tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel terikat).

$H_1: \beta_3 \neq 0$, (artinya variabel bebas secara parsial memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel terikat).

Dengan menggunakan rumus statistik uji sehingga didapatkan hasil dari uji parsial (uji t) berikut.

Tabel 7. Uji T (Uji Parsial)

Variabel	Std. Error	F _{tabel}	F _{hitung}	Keterangan
X_1	0.6767	1.77	4.62	Tolak H_0
X_2	55.0545	1.77	-0.09	Terima H_0
X_3	1.6564	1.77	1.05	Terima H_0

Kesimpulan:

Dari hasil Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa X_2 dan X_3 terima H_0 artinya variabel tersebut tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel terikat, sedangkan pada variabel X_1 tolak H_0 artinya variabel tersebut secara parsial memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel terikat.

4.3.4. Pemodelan Kembali Estimasi MM

Karena pada uji signifikansi variabel X_2 dan X_3 tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat maka akan dilakukan kembali estimasi MM pada variabel X_1 dengan iterasi awal yaitu estimasi MM yang sebelumnya. Dari hasil estimasi MM sebelumnya di dapatkan hasil berikut.

$$\hat{Y} = -635.61 + 3.8384X_1 - 2.8585X_2 + 9.3490X_3$$

Kembali dilakukan iterasi pada MM nilai c yang digunakan adalah 4,685 dengan hanya menggunakan variabel bebas yaitu pada X_1 seperti berikut.

Tabel 8. Model regresi dengan estimasi MM

Tahapan	Estimasi MM	
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$
Iterasi 1	-1439.5540	4.7214
Iterasi 2	-1237.8353	4.7497
Iterasi 3	-1152.8722	4.7561
Iterasi 4	-1118.2617	4.7573
Iterasi 5	-1132.4764	4.7596
Iterasi 6	-1135.5888	4.7600
Iterasi 7	-1136.1299	4.7601
Iterasi 8	-1136.1299	4.7601

Berdasarkan Tabel 8 dapat dilihat bahwa setelah dilakukan pemodelan dengan menggunakan estimasi MM dilakukan iterasi sebanyak 10 kali yang dilakukan agar hasil iterasi konvergen. Parameter-parameter awalnya diporeleh dari model estimasi MM yang pertama yang konvergen. Diketahui bahwa iterasi MM yang kedua ini telah konvergen pada iterasi ke 8 dikarenakan pada iterasi ke 7 dan 8 sama sehingga di dapatkan model berikut:

$$\hat{Y} = -1136.1299 + 4.7601 X_1$$

4.3.5. Uji Signifikansi Parameter

Uji F

Hipotesis:

$H_0: \beta_1 = 0$, (Seluruh variabel bebas tidak berpengaruh signifikan secara simultan terhadap variabel terikat).

$H_1: \beta_1 \neq 0$, (Seluruh variabel bebas berpengaruh signifikan secara simultan terhadap variabel terikat).

Tabel 9. Uji Signifikansi Simultan (Uji F)

Model	Df	F _{hitung}	F _{tabel}
Regression	15	321.5	4.6

Kesimpulan:

Karena $321.5 > 4.6$ maka dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak artinya variabel bebas yang berpengaruh signifikan secara simultan terhadap variabel terikat.

Uji T (Uji Parsial)

Hipotesis:

$H_0: \beta_1 = 0$, (artinya variabel bebas secara parsial tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel terikat).

$H_1: \beta_1 \neq 0$, (artinya variabel bebas secara parsial memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel terikat).

Dengan menggunakan rumus statistik uji sehingga didapatkan hasil dari uji parsial (uji t) berikut.

Tabel 10. Uji T (Uji Parsial)

Variabel	Std. Error	T _{tabel}	T _{hitung}	Keterangan
X ₁	0.2579	1.75	17.93	Tolak H ₀

Kesimpulan:

Dari hasil Tabel 4.7 dapat dilihat dimana T_{hitung} (17.93) > T_{tabel} (1.75) tolak H₀ artinya variabel bebas secara parsial memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel terikat.

Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi digunakan untuk mengukur seberapa jauh kemampuan model dalam menerangkan variansi variabel terikat. Berikut adalah tabel koefisien determinasi dari model regresi yang dapat.

Tabel 11. Koefisien Determinasi

Koefisien Determinasi	
R Square	0.9554
N	17

Berdasarkan Tabel didapatkan hasil dari R Square sebesar 0.9554 dan jumlah data sebanyak 17. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa 95% variabel terikat dapat dijelaskan oleh variabel bebas dan 5% sisanya dijelaskan oleh variabel lain.

Uji Normalitas

Setelah ditemukan hasil akhir dari regresi robust dengan menggunakan estimasi MM yang konvergen maka akan dilakukan kembali uji normalitas berikut.

Tabel 12. Uji Kolmogorov Smirnov

	Unistandardized Residual
N	17
p-value	0.06817

Dari hasil tersebut dimana p-value (0,06817) > α (0,05) maka terima H₀ berarti dapat dikatakan bahwa residual tersebut berdistribusi normal.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian ini penulis dapat menarik kesimpulan dimana hasil estimasi dari produksi jagung di

Provinsi Sulawesi Tenggara pada tahun 2020 untuk data pencilan ini dengan menggunakan metode Regresi Robust Estimasi *Method Of Momen* (MM) diperoleh hasil regresi berikut.

$$\hat{Y} = -1136.1299 + 4.7601 X_1$$

Dimana dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa variabel bebas yang berpengaruh dalam estimasi produksi jagung di Provinsi Sulawesi Tenggara pada tahun 2020 yaitu hanya luas panen.

5. Saran

Dalam pengestimasi regresi berganda dengan adanya indikasi pencilan sebaiknya digunakan regresi robust dengan menggunakan estimasi MM yang dimana dengan menggunakan estimasi ini kita akan memperoleh nilai terbaik pada analisis regresi linear berganda dengan nilai efisiensi yang tinggi dan nilai *breakdown* yang tinggi pula.

Ucapan Terimakasih. Penulis mengucapkan rasa terimakasih yang tak terhingga kepada dosen pembimbing atas segala masukannya dan arahnya sehingga tulisan ini dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada reviewer yang tidak disebutkan namanya atas masukannya untuk perbaikan tulisan ini.

Daftar Pustaka

- Abidin, Z. 2015. Posisi Relatif Komoditas Jagung Dalam Perekonomian Wilayah Sulawesi Tenggara. *Prosiding Seminar Nasional Serealia*.
- Andani, W., O., S., A. 2020. *Regresi Robust Dengan Estimasi MM Dalam Mengatasi Pencilan Pada Regresi Linear Berganda*. [Skripsi]. FMIPA : Universitas Halu Oleo.
- Bakhri, S. 2007. *Budidaya Jagung Dengan Konsep Pengelolaan Tanaman Terpadu*. Sulawesi Tengah. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian.
- BPS (Badan Pusat Statistik) Provinsi Sulawesi Tenggara. 2021. *Produksi Tanaman Jagung Provinsi Sulawesi Tenggara*. Publikasi BPS.
- Candraningtyas, S., Safitri, D., dan Isprianti, D. 2013. Regresi Robust MM-Estimator Untuk Penanganan Pencilan Pada Regresi Linier Berganda. *Jurnal Gaussian*. 2(4): 395-404.
- Chen, C. 2002. *Robust Regression and Outlier Detection With the Robustreg Procedure*. Paper 265-27. North Carolina: SAS Institute.
- Draper, N. R. dan Smith, H. 1992. *Applied Regression Analysis, 3th edition*. Bandung: Alfabeta.

- Gujarati, D. 2009. *Ekonometrika Dasar*. Jakarta: Erlangga.
- Montgomery, D., C. 1985. *Introduction To Statistical Quality Control*. Soejoeti, Z. 1990. Gajah Mada University Press: Yogyakarta, Indonesia.
- Nurdin, N., Raupong dan Islamiyati, A. 2014. Penggunaan Regresi Robust Pada Data Yang Mengandung Pencilan Dengan Metode Momen. *Jurnal Matematika, Statistika, L Komputasi*. 10(2):114-123.
- Puspitasari, M.T.S., Susanti, Y., dan Handajani, S.S. 2021. Model Regresi Robust untuk Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Timur dengan Estimasi M. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*. 4: 659-665.
- Sembiring, R.,K. 2003. *Analisis Regresi Edisi 2*. Bandung: Penerbit ITB.
- Susanti, Y. 2013. *Optimasi Model Regresi Robust untuk Memprediksi Produksi Kedelai di Indonesia*. Prosiding ISBN: 978-979-16353-9-4. FMIPA.
- Yohai, R.J. 1987. High Breakdown-Point And High Efficiency Robust Estimates For Regression. *The Annals Of Statistics*. 15(20) : 642-656.
- Walpole, R.,E. *Introduction to Statistics 3rd*.1982. . Sumantri, B. 1988. PT Gramedia Pustaka Utama:Jakarta.
- Warrier, Ranjini dan Tripathi, K.K. 2011. *Biology Of Zea Mays (Maize)*. India. Departmen Of Biotechnology Government of India.
- Zahiroh, N. 2017. *Regresi Robust S-Estimation Dan MM-Estimation Untuk Pemodelan Luas Panen Padi Dengan Indikator Iklim Di Sentra Produksi Padi Jawa Timur*. [Skripsi]. FMIPA : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Diterima pada tanggal 27 Mei 2022.

Terbit online pada tanggal 28 Juli 2022