

REGRESI *ROBUST* ESTIMASI-M UNTUK PEMODELAN TINGKAT PENGANGGURAN TERBUKA (TPT) DI PROVINSI JAWA TENGAH

Octa Choerunnisa^{1*}, Mustafid², Sudarno³

^{1,2,3} Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

*e-mail: octa Choerunnisa160@gmail.com

DOI: 10.14710/j.gauss.15.1.271-279

Article Info:

Received: 2024-04-05

Accepted: 2025-12-31

Available Online: 2026-08-24

Keywords:

Robust Regression; Outliers; M-Estimation; Open Unemployment Rate

Abstract: Regression analysis can be used to overcome the outlier problem with robust regression. The M-estimation robust regression method is an estimation approach that is the simplest computationally and theoretically. The purpose of using the robust regression method is because there is an outlier problem in the data. This research will create a model on open unemployment rate data in Central Java in 2022 which involves variables including average length of schooling, population, number of poor people, minimum wage, and per capita expenditure. Based on the Ordinary Least Squares (OLS) regression equation, it shows that there is a violations of assumptions and outlier data is detected. So it is necessary to carry out robust regression to overcome the outlier problem. In the test carried out using M-estimation robust regression, the best robust regression model was obtained $\hat{y} = -5,898902 + 0,019222x_3 + 0,000002351x_4 + 0,00035824x_5$. The M-estimation robust regression model can be concluded that total variation in the open unemployment rate in Central Java in 2022 is explained by the number of poor people, minimum wages, and per capita expenditure by 31.39%, and the MSE value is 2.143382.

1. PENDAHULUAN

Pengangguran dapat memengaruhi perkembangan ekonomi sebuah negara, terutama Indonesia yang merupakan negara berkembang. Pengangguran adalah situasi di mana individu yang telah bergabung dalam golongan angkatan kerja dan secara aktif mencari pekerjaan tetapi tidak dapat mendapatkan pekerjaan yang diinginkan (Sukirno, 2001). Pengangguran terbuka menjadi salah satu bentuk dari pengangguran. Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) yaitu persenan dari banyaknya pengangguran terhadap banyaknya angkatan kerja.

Daerah Jawa Tengah adalah salah satu daerah yang mengalami kenaikan jumlah penduduk di setiap tahunnya sehingga berdampak pada banyaknya tenaga kerja. Beberapa faktor diduga berpengaruh pada Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) di Jawa Tengah adalah rata-rata lama sekolah, jumlah penduduk, jumlah penduduk miskin, upah minimum, dan pengeluaran per kapita.

Analisis statistik yang diterapkan pada data Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) adalah membentuk persamaan regresi menggunakan Metode Kuadrat Terkecil (MKT). Pendekatan dengan MKT sangat sensitif terhadap penyimpangan dari asumsi regresi. Apabila salah satu asumsi regresi tidak terpenuhi, maka estimasi metode kuadrat terkecil menjadi bias (Yafee, 2002). Adanya pencilan sering menyebabkan adanya pelanggaran asumsi klasik dalam regresi, hal ini menyebabkan analisis cenderung menjadi bias (Hakim *et al*, 2020)

Data tingkat pengangguran terbuka terdeteksi adanya pencilan pada data. Maka perlu dilakukan analisis data yang memiliki masalah data berpencilan. Regresi *robust* yaitu pendekatan regresi yang dapat mengolah data pencilan. Penggunaan metode regresi *robust* memiliki kelebihan yaitu tidak sensitif terhadap penyimpangan-penyimpangan asumsi klasik dibandingkan metode kuadrat terkecil (Draper dan Smith, 1992). Perhitungan koefisien regresi pada regresi *robust* dapat menggunakan metode estimasi-M. Estimasi-M yaitu estimasi yang pendekatan komputasi dan teoritisnya paling sederhana (Chen, 2002). Solusi yang akan diterapkan yaitu membuat model regresi *robust* estimasi-M pada data Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) di Jawa Tengah 2022.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut BPS, penganggur terbuka yaitu seseorang yang tidak punya pekerjaan, mencari kerja, menyiapkan usaha, tidak mencari sebuah pekerjaan dikarenakan dirasa tidak akan mendapat pekerjaan, dan punya pekerjaan tetapi belum memulai kerja. Persentase dari banyaknya pengangguran atas banyaknya angkatan kerja adalah gambaran Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT).

Aspek-aspek diduga memengaruhi Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) yaitu rata rata lama sekolah, yang kedua jumlah penduduk, yang ketiga jumlah penduduk miskin, yang keempat upah minimum, dan yang terakhir pengeluaran per kapita. Analisis regresi menjadi analisis yang diterapkan pada penelitian ini. Analisis regresi berfungsi untuk mengetahui hubungan antar variabel. Model persamaan untuk regresi berganda yaitu dengan rumus berikut:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (1)$$

Bentuk matriks dari persamaan (1):

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad (2)$$

dimana:

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}; X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} \end{bmatrix}; \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix}; \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

dengan y variabel respon, x vektor variabel prediktor, β vektor koefisien model dan ε residual model.

Meminimumkan jumlah kuadrat error dalam menghitung estimasi parameter model regresi disebut juga Metode Kuadrat Terkecil (MKT) (Gujarati, 1999). Berdasarkan Montgomery *et al.* (2012), mencari vektor kuadrat terkecil $\hat{\beta}$ dengan meminimumkan:

$$S(\beta) = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \varepsilon' \varepsilon = (Y - X\beta)'(Y - X\beta)$$

$S(\beta)$ dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$S(\beta) = Y'Y - 2\beta'X'Y + \beta'X'X\beta$$

$$\text{dengan } \beta'X'Y = (\beta'X'Y)' = Y'X\beta$$

untuk mendapatkan estimator kuadrat terkecil ($\hat{\beta}$) harus memenuhi:

$$\left. \frac{\partial S}{\partial \beta} \right|_{\beta=\hat{\beta}} = -2X'Y + 2X'X\hat{\beta} = 0 \quad (3)$$

Dari persamaan (4) didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} 2X'X\hat{\beta} &= 2X'Y \\ \hat{\beta} &= (X'X)^{-1}X'Y \end{aligned} \quad (4)$$

Uji F dilakukan untuk melihat ada atau tidak ada hubungan diantara variabel terikat dan variabel bebas secara simultan (Montgomery *et al.*, 2012). Hipotesis nol uji F yaitu $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$ (seluruh variabel bebas tidak memiliki hubungan dengan variabel terikat secara simultan), dan hipotesis satu terdapat j dengan $\beta_j \neq 0$ (paling sedikit satu variabel bebas yang memiliki hubungan terhadap variabel terikat secara simultan, untuk $j = 1, 2, \dots, k$).

Statistik uji F :

$$F_{hitung} = \frac{SS_R/k}{SS_E/(n-p)} = \frac{MSR}{MSE} \quad (5)$$

Kriteria ujinya yaitu H_0 ditolak apabila $F_{hitung} > F_{(\alpha, k, n-p)}$ atau H_0 ditolak apabila $p\text{-value} < \alpha$.

Pengujian dengan distribusi t dilakukan untuk melihat signifikansi pada masing-masing variabel bebas x_j atas variabel terikat. Hipotesis nol pada uji t yaitu $\beta_j = 0$ (koefisien parameter variabel bebas x_j tidak signifikan atas variabel terikat, dengan $j = 1, 2, \dots, k$), dan hipotesis satu yaitu $\beta_j \neq 0$ (koefisien parameter variabel bebas x_j signifikan atas variabel terikat, dengan $j = 1, 2, \dots, k$)

$$t = \frac{\hat{\beta}_j}{se(\hat{\beta}_j)} \quad (6)$$

Kriteria ujinya yaitu H_0 ditolak jika $|t_{hitung}| > t_{(\alpha/2, n-p)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$.

Koefisien determinasi (R^2) memberikan ukuran untuk menilai seberapa baik kecocokan data pada garis regresi sampel (Gujarati, 1999). Berikut adalah rumus nilai R^2 yang disesuaikan (R^2_{Adj}).

$$R^2_{Adj} = 1 - \frac{SS_E/(n-p)}{SS_T/(n-1)} \quad (7)$$

Mean Squared Error adalah istilah yang digunakan untuk mengukur seberapa dekat prediksi model dengan nilai sebenarnya.

$$MSE = \frac{SS_E}{n-k-1} \quad (8)$$

Uji asumsi model regresi terdiri dari beberapa uji asumsi. Pertama ada uji distribusi normal yang digunakan dalam menentukan apakah residual berdistribusi normal atau tidak. Uji dalam menentukan asumsi distribusi normal adalah uji *Kolmogorov-Smirnov*. Hipotesis nol pada uji ini yaitu residual data berdistribusi normal dan Hipotesis satunya yaitu residual data tidak berdistribusi normal.

$$D = \sup_e |F_0(e) - S(e)| \quad (9)$$

Kriteria ujinya yaitu H_0 ditolak apabila $D \geq d_{(1-\alpha/2)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$.

Menurut Montgomery *et al.* (2012), korelasi yang tinggi di antara variabel independen menyebabkan multikolinieritas terjadi. Pengukuran yang digunakan untuk mencari besaran multikolinearitas yaitu *Variance Inflation Factor* (VIF).

$$VIF_j = \frac{1}{(1-R_j^2)}, \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (10)$$

Menurut Montgomery *et al.* (2012), nilai *VIF* lebih dari 10 menunjukkan multikolinearitas yang kuat.

Uji autokorelasi memiliki tujuan untuk melihat ada atau tidak ada autokorelasi pada model regresi linier. Uji Durbin Watson menjadi uji yang dipakai untuk uji autokorelasi. Hipotesis nol pada uji Durbin Watson yaitu tidak ada autokorelasi, dan hipotesis satu ada autokorelasi

Dengan statistik ujinya sebagai berikut :

$$d = \frac{\sum_{i=2}^{t=n} (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^{t=n} e_i^2} \quad (11)$$

Kriteria ujinya yaitu H_0 ditolak jika $d < d_L$ atau $4 - d_L < d$ dan H_0 diterima jika $d_U < d < 4 - d_U$.

Uji heteroskedastisitas dilakukan sebagai penentuan ada ketidaksamaan varian dalam model regresi di antara residual dari satu pengamatan ke residual pengamatan lainnya (Ghozali, 2011). Uji yang digunakan untuk mendeteksi heteroskedastisitas yaitu uji Glejser yang dimana uji tersebut melakukan regresi pada harga mutlak dari nilai *error* $|e_i|$ terhadap variabel bebas lainnya. Hipotesis nol pada uji Glejser menyatakan tidak terjadi heteroskedastisitas dan hipotesis satu terjadi heteroskedastisitas. Kriteria ujinya yaitu H_0 ditolak apabila $|t_{hitung}| > t_{(\alpha/2, n-k-1)}$ atau H_0 ditolak apabila *p-value* kurang dari α .

Pencilan adalah suatu pengamatan yang ekstrim yang mana nilainya sangat berbeda dengan nilai mayoritas (Montgomery *et al.*, 2012). Menurut Montgomery *et al.* (2012), pencilan terdeteksi melalui metode *DFFITS* (*Difference in Fit Standardized*). *DFFITS_i* dipergunakan untuk mengidentifikasi *deletion diagnostic* pengamatan ke-*i* pada nilai prediksi atau *fitted*-nya. Rumus *DFFITS_i* didefinisikan :

$$(DFFITS_i) = t_i \left(\frac{h_{ii}}{1-h_{ii}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

Pada persamaan (12), t_i merupakan *studentized deleted residual* (*R-student*) pada kasus ke-*i*.

$$t_i = e_i \sqrt{\frac{n-p-1}{SS_E(1-h_{ii})-e_i^2}} \quad (13)$$

Pencilan terdeteksi apabila nilai $|DFFITS| > 1$ yang diperuntukan pada kelompok data kecil sampai sedang dan untuk $|DFFITS|$ lebih besar dari $2\sqrt{p/n}$ diperuntukan pada kelompok data besar (Kutner *et al.*, 2005).

Metode regresi *robust* digunakan saat model regresi terdapat pencilan. Regresi *robust* resisten terhadap pencilan adalah metode terbaik ketika ada asumsi regresi dilanggar dan transformasi sepertinya juga tidak mampu mengeliminasi atau melemahkan pencilan yang bahkan menjadikannya prediksinya bias (Susanti *et al.*, 2014). Metode estimasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu *M-Estimator* yang digunakan untuk menentukan model regresi *robust*.

Pada dasarnya estimasi-M meminimumkan sebuah fungsi objektif ρ (Montgomery *et al.*, 2012)

$$\min_{\beta} \sum_{i=1}^n \rho(u_i) = \min_{\beta} \sum_{i=1}^n \rho\left(\frac{e_i}{s}\right) = \min_{\beta} \sum_{i=1}^n \rho\left(\frac{y_i - \sum_{j=0}^k x_{ij}\beta_j}{s}\right) \quad (14)$$

dengan s (skala estimasi *robust*). Rumus s yang dipakai adalah:

$$s = \frac{MAD}{0,6745} = \frac{\text{median}|e_i - \text{median}(e_i)|}{0,6745} \quad (15)$$

Persamaan (14) diminimumkan dengan mencari turunan parsial pertama dari fungsi ρ terhadap β_j , turunan pertama sama dengan 0 :

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \psi\left(\frac{y_i - \sum_{j=0}^k x_{ij}\beta_j}{s}\right) = 0, \quad j = 0, 1, \dots, k \quad (16)$$

Menurut Draper dan Smith (1992), pada persamaan (16) diberikan solusi dengan menentukan fungsi pembobot :

$$w_i = w(u_i) = \frac{\psi\left(\frac{y_i - \sum_{j=0}^k x_{ij}\beta_j}{s}\right)}{\left(\frac{y_i - \sum_{j=0}^k x_{ij}\beta_j}{s}\right)} \quad (17)$$

Kemudian estimasi persamaan (16) dapat ditulis seperti berikut:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} w_i (y_i - \sum_{j=0}^k x_{ij} \beta_j) = 0, \quad j = 0, 1, \dots, k \quad (18)$$

Persamaan (18) dapat diproses menggunakan sistem *Iteratively Reweighted Least Square* (IRLS). Persamaan matriks pada persamaan (18) sebagai berikut :

$$\hat{\beta} = (X'WX)^{-1}X'WY \quad (19)$$

Berhentinya iterasi ketika nilai $\hat{\beta}_j$ konvergen yaitu selisih antara nilai $\hat{\beta}_j^{m+1}$ dan $\hat{\beta}_j^m$ mendekati 0.

Fungsi obyektif dipakai dalam memperoleh nilai pada fungsi pembobot untuk regresi *robust* (Fox, 2002). Dalam estimasi-M, fungsi pembobot bergantung pada residual dan koefisien. Fungsi pembobot *Huber* adalah fungsi yang paling umum digunakan dalam regresi *robust* estimasi-M. Menurut Ghazali et al. (2015) fungsi pembobot jenis *Huber* yaitu:

$$W(u_i) = \begin{cases} 1 & , |u_i| \leq c \\ \frac{c}{|u_i|} & , |u_i| > c \end{cases}$$

nilai u_i adalah nilai residual ke- i , untuk nilai c merupakan *tuning constant*. *Tuning constant* dalam regresi *robust* mempengaruhi kekuatan penaksir atas data yang ekstrem serta kemampuan penaksir untuk memberikan estimasi yang efisien saat data tidak memiliki pencilan. Pembobot *Huber* akan efektif apabila $c = 1,345$ jika $\alpha = 5\%$ (Fox, 2002).

3. METODE PENELITIAN

Data yang dipergunakan yaitu data sekunder bersumber dari situs resmi Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. Variabel mencangkup variabel responnya Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) dan variabel prediktornya rata-rata lama sekolah (X1), jumlah penduduk (X2), jumlah penduduk miskin (X3), upah minimum (X4), dan pengeluaran per kapita (X5). Data terkait tingkat pengangguran terbuka mencangkup 35 kab/kota yang ada di Jawa Tengah tahun 2022.

Analisis data pada penelitian ini memerlukan bantuan *software R*. Tahapan analisis data:

1. Mengumpulkan beberapa data penelitian.
2. Menetapkan variabel respon dan variabel prediktor
3. Mengestimasi nilai koefisien regresi dengan Metode Kuadrat Terkecil.
4. Pengujian asumsi klasik pada regresi linier berganda.
5. Mencari pencilan menggunakan metode *DFFITS_i*.
6. Menghitung estimasi parameter menggunakan estimasi-M. Prosedur estimasi :
 - a. Mencari nilai residual $e_i = y_i - \hat{y}_i$, $i = 1, 2, \dots, n$
 - b. Menghitung skala estimasi robust $s = \frac{MAD}{0,6745} = \frac{\text{median}|e_i - \text{median}(e_i)|}{0,6745}$
 - c. Menghitung $u_i = \frac{e_i}{s}$, $i = 1, 2, \dots, n$
 - d. Menentukan nilai pembobot w_i
 - e. Mencari nilai estimasi parameter yang baru ($\hat{\beta}_j^m$) memakai pembobot w_i . Bila dinotasikan dalam matriks $\hat{\beta} = (X'WX)^{-1}X'WY$
 - f. Mengulangi tahapan a sampai dengan tahapan e sampai nilai $\hat{\beta}_j$ konvergen. Artinya jika selisih $\hat{\beta}_j^{m+1}$ dan $\hat{\beta}_j^m$ mendekati 0, maka iterasi dihentikan.
 - g. Mendapatkan model regresi *robust M-estimator*.
 - h. Mencari nilai *Adjusted R²* dan *Mean Square Error (MSE)*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan awal yaitu menganalisis regresi berganda untuk menentukan nilai residual pada data. Nilai residual yang didapatkan pada model regresi berganda diperuntukan menghitung estimasi regresi robust. Model yang diperoleh menggunakan Metode Kuadrat Terkecil (MKT) dengan variabel terikat adalah tingkat pengangguran terbuka (Y) sedangkan variabel bebas adalah rata-rata lama sekolah (X_1), jumlah penduduk (X_2), jumlah penduduk miskin (X_3), upah minimum (X_4), dan pengeluaran per kapita (X_5) adalah :

$$\hat{y} = -3,639730 - 0,13547327x_1 + 0,0000007x_2 + 0,01122359x_3 + 0,00000189x_4 + 0,0003642x_5 \quad (20)$$

Setelah ditemukan persamaan regresi dengan metode kuadrat terkecil maka tentukan uji F, uji t, *Adjusted R²* dan *Mean Square Error (MSE)*. Berdasarkan nilai $F_{hitung} = 2,255888 < F_{(5\%,5,29)} = 2,55$ atau $p\text{-value} (0,0753) > \alpha (0,05)$. Uji statistik memperlihatkan tidak ada hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat tingkat pengangguran terbuka secara bersama sama.

Tabel 1. Hasil Uji t pada MKT

Variabel	t_{hitung}	$p\text{-value}$	Keputusan
Rata-rata lama sekolah	-0.2743181	0.7857848	H ₀ diterima
Jumlah penduduk	0.4501977	0.6559155	H ₀ diterima
Jumlah penduduk miskin	0.8851053	0.3833801	H ₀ diterima
Upah minimum	0.9240334	0.3630942	H ₀ diterima
Pengeluaran per kapita	1.1557990	0.2571972	H ₀ diterima

Pada $\alpha/2 = 0,025$ dan $n - p = 35 - 6 = 29$ diperoleh nilai dari tabel $t_{(2,5\%,29)} = 2,04523$. Dari Tabel 1 diperoleh informasi bahwa variabel rata-rata lama sekolah, jumlah penduduk, jumlah penduduk miskin, upah minimum, dan pengeluaran per kapita tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel respon (tingkat pengangguran terbuka).

Koefisien determinasi yang disesuaikan atau *Adjusted R²* diperoleh nilai sebesar 0.1558969 dan *MSE* sebesar 3,262733. Nilai yang diperoleh memperlihatkan bahwa tingkat pengangguran terbuka (y) diterangkan oleh rata-rata lama sekolah (x_1), jumlah penduduk (x_2), jumlah penduduk miskin (x_3), upah minimum (x_4), dan pengeluaran per kapita (x_5) sebesar 15,590%, sedangkan sisanya 84,41% dipengaruhi faktor yang lain.

Model persamaan regresi yang didapatkan dengan metode kuadrat terkecil dilakukan uji asumsi regresi. Uji distribusi normal dengan uji Kolmogorv-Smirnov diperoleh informasi bahwa nilai $p\text{-value} = 0,07934 > \alpha = 0,05$ maka residual berdistribusi normal. Uji multikolinieritas dilihat dari nilai VIF yang dilampirkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai VIF

Variabel	VIF	Keterangan
Rata-rata lama sekolah	4.092006	VIF < 10
Jumlah penduduk	5.838292	VIF < 10
Jumlah penduduk miskin	6.263290	VIF < 10
Upah minimum	1.912965	VIF < 10
Pengeluaran per kapita	3.403915	VIF < 10

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa terpenuhinya asumsi non multikolinieritas. Uji autokorelasi dengan uji Durbin Watson didapatkan nilai $d=1.118631$. Dengan $d_U=1,8029$ dan $d_L=1,1601$, dapat diketahui bahwa $d(1.118631) < d_L(1,1601)$. Sehingga menunjukkan adanya autokorelasi antar residual. Uji Heteroskedastisitas dengan uji Glejser diperoleh nilai pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji Glejser

Variabel	t_{hitung}	$p-value$	Keputusan
Rata-rata lama sekolah	0.4198487	0.677690306	H ₀ diterima
Jumlah penduduk	2.5279282	0.017177313	H ₀ ditolak
Jumlah penduduk miskin	-2.6508169	0.012872845	H ₀ ditolak
Upah minimum	-2.1029539	0.044263214	H ₀ ditolak
Pengeluaran per kapita	-0.8774622	0.387447345	H ₀ diterima

Berdasarkan Tabel 3, pada taraf signifikansi 5% dapat dilihat bahwa terjadi heteroskedastisitas. Deteksi pencilan dapat dilakukan dengan uji *DFFITs*, batas yang digunakan untuk menunjukkan pencilan adalah $|DFFITs| > 1$. Hasil output analisis data menunjukkan bahwa terdapat 3 pencilan pada data yaitu data ke-28 (Kab. Tegal), data ke-29 (Kab. Brebes), dan data ke-30 (Kota Magelang) masing-masing memiliki nilai $|DFFITs|$ sebesar 2.428300309; 1.003464742; 1.756974705.

Model dari regresi *robust* estimasi-M dilakukan karena data memiliki pencilan. Perhitungan estimasi parameter menggunakan regresi *robust M-Estimator* diawali dengan menghitung nilai residual (e_i) dari model persamaan regresi dengan Metode Kuadrat Terkecil (MKT) untuk iterasi pertama. Nilai residual yang diperoleh dari model iterasi pertama akan digunakan untuk menghitung bobot pada iterasi kedua. Proses iterasi tersebut akan terus berlanjut sampai diperoleh nilai $\hat{\beta}_j$ yang konvergen. Setelah dilakukan proses 19 kali iterasi, model yang terbentuk adalah:

$$\hat{y} = -6,612005 - 0,323555x_1 - 0,0000014x_2 + 0,0271986x_3 + 0,0000034x_4 + 0,000506x_5 \quad (21)$$

Uji F pada persamaan (21) diperoleh nilai sebesar 4.245499 dan $p-value$ (0,0051), maka jika $\alpha = 5\%$ menunjukkan paling sedikit terdapat satu variabel prediktor yang ada hubungan dengan variabel respon.

Tabel 4. Uji t Regresi *Robust* Estimasi-M

Variabel	t_{hitung}	$p-value$	Keputusan
Rata-rata lama sekolah	-0.7741511	0.44510728	H ₀ diterima
Jumlah penduduk	-0.9885179	0.33107556	H ₀ diterima
Jumlah penduduk miskin	2.4483796	0.02063507	H ₀ ditolak
Upah minimum	2.0440604	0.05012269	H ₀ ditolak
Pengeluaran per kapita	1.9781359	0.05748359	H ₀ ditolak

Pada Tabel 4 diperoleh informasi bahwa pada taraf signifikansi 6% variabel jumlah penduduk miskin (x_3), upah minimum (x_4), dan pengeluaran per kapita (x_5) berpengaruh signifikan kepada tingkat pengangguran terbuka. Koefisien determinasi yang disesuaikan atau *Adjusted R²* diperoleh nilai sebesar 0.3230799 dan *MSE* sebesar 1,994196. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat pengangguran terbuka (y) dipengaruhi oleh rata-rata lama sekolah (x_1), jumlah penduduk (x_2), jumlah penduduk miskin (x_3), upah minimum (x_4), dan pengeluaran per kapita (x_5) sebesar 32,308%, sedangkan sisanya 67,692% dipengaruhi faktor yang lain.

Model dari regresi *robust* dengan estimasi-M yang terbentuk dari 5 variabel prediktor menunjukkan hasil uji t yaitu variabel jumlah penduduk miskin (X_3), upah minimum (X_4), dan pengeluaran per kapita (X_5) memberikan pengaruh signifikan terhadap tingkat pengangguran terbuka. Maka dari itu, untuk menentukan model regresi *robust* terbaik dengan menghitung parameter regresi *robust* dengan variabel prediktor yang signifikan yaitu jumlah penduduk miskin, upah minimum, dan pengeluaran per kapita. Model dari regresi *robust* estimasi-M dengan 3 variabel (X_3 , X_4 , X_5) diperoleh setelah dilakukan proses 9 kali iterasi, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\hat{y} = -5,898902 + 0,019222x_3 + 0,000002351x_4 + 0,00035824x_5 \quad (22)$$

Dari persamaan (22) didapatkan $Adjusted R^2 = 0,3139054$ dan nilai *Mean Square Error (MSE)* = 2,143382. Hal tersebut menerangkan tingkat pengangguran terbuka dipengaruhi oleh jumlah penduduk miskin, upah minimum, dan pengeluaran per kapita sebesar 31,39%, sedangkan sisanya 68,61% dipengaruhi faktor yang lain.

5. KESIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil yaitu regresi dengan metode kuadrat terkecil terjadi pelanggaran pada asumsi heteroskedastisitas dan autokorelasi diikuti dengan terdapatnya 3 pencilan pada data.

Regresi *robust* estimasi-M digunakan untuk mengatasi masalah pencilan. Model regresi *robust* estimasi-M dengan 5 variabel yaitu:

$$\hat{y} = -6,612005 - 0,323555x_1 - 0,0000014x_2 + 0,0271986x_3 + 0,0000034x_4 + 0,000506x_5$$

Dari model tersebut dapat ditentukan variabel prediktor yang dapat mempengaruhi tingkat pengangguran terbuka yaitu jumlah penduduk miskin, upah minimum, dan pengeluaran per kapita. Maka untuk model terbaik digunakan nilai estimasi parameter dengan variabel yang signifikan terhadap tingkat pengangguran terbuka. Model regresi *robust* estimasi-M terbaik diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\hat{y} = -5,898902 + 0,019222x_3 + 0,000002351x_4 + 0,00035824x_5$$

Regresi *robust* estimasi-M terbaik memberikan kesimpulan bahwa Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) di Jawa Tengah 2022 diterangkan oleh jumlah penduduk miskin, upah minimum, dan pengeluaran per kapita sebesar 31,39% dan nilai *MSE* nya 2,143382.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, C. 2002. *Robust Regression and Outlier Detection with The ROBUSTREG Procedure*, paper 265-27. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Draper, N.R. dan Smith, H. 1992. *Analisis Regresi Terapan*. Edisi Kedua. Diterjemahkan oleh : Bambang Sumantri. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama. Terjemahan dari : *Applied Regression Analysis*.
- Fox, J. 2002. *Robust Regression : Appendix to An R and S-Plus Companion to Applied Regression*.
- Ghazali, A., Yuniarti, D., dan Hayati, M. N. 2015. *Metode regresi robust dengan estimasi-M pada regresi linier berganda (studi kasus: indeks harga konsumen kota Tarakan)*. Jurnal Eksponensial, Vol 6, No.2
- Ghozali, I. 2011. *Ekonometrika Teori, Konsep dan Aplikasi dengan SPSS*. Semarang : Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Gujarati, D.N. 1999. *Ekonometrika Dasar*. Diterjemahkan oleh : Sumarno Zain. Jakarta : Erlangga. Terjemahan dari : Basic Econometrics.
- Hakim, A. R., Warsito, B., & Yasin, H. (2020, October). *Live expectancy modelling using spatial durbin robust model*. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1655, No. 1, p. 012098). IOP Publishing.
- Kutner, M. H., Nachtsheim, C.J., Neter, J., & Li, W. (2005). *Applied Linier Statistical Models*. New York: The McGraw-Hill Companies

- Montgomery, D. C., Peck, E. A., dan Vining, G. G. 2012. *Introduction To Linier Regression Analysis. Fifth Edition*. New York : John Wiley and Sons, Inc.
- Sukirno, S. 2001. *Pengantar Teori Makroekonomi*. Jakarta : Raja Grafindo.
- Susanti, Y., Pratiwi, H., Sulistijowati, S., dan Liana, T. 2014. M Estimation, S estimation, and MM Estimation In Robust Regression. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*. 91(3), 349-360.
- Yafee, R. A. 2002. *Robust Regression Analysis: Some Popular Statistical Package Options*. Academic Computing Services.