

Regresi *Robust* Estimasi-M dengan Pembobot *Huber* dan *Tukey* Bisquare pada Data Tingkat Pengangguran di Indonesia Menurut Provinsi Tahun 2020

Ranty Julianti Azidah*, Lisnur Wachidah

Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*juliantiranty@gmail.com, wachidah.lisnur07@gmail.com

Abstract. Regression analysis is a method to predict the value of dependent variable (Y) based on independent variable (X_j), for that a regression model is needed. Regression model with Ordinary Least Square (OLS) is can't be used if assumptions is violated. Unfulfilled assumptions can be caused by outliers that affect the regression model, both outliers in the independent variable (X_j) and outliers in the dependent variable (Y). Robust regression is used so that the resulting regression model is Robust against outliers. One of the estimates from Robust regression is M-Estimator. The weights in the M-Estimator include of Huber and Tukey Bisquare. In this article, will discuss the M-Estimator Robust regression with Huber and Tukey Bisquare weighting on the unemployment rate data in Indonesia by province in 2020. The data includes the unemployment rate as the dependent variable (Y), the provincial minimum wage as the 1st independent variable. (X_1), and the labor force as the 2nd independent variable (X_2). Based on the research, it can be concluded that the M-Estimator with Tukey Bisquare weighting produces the best Robust regression model because the Adjusted R-square value of the Tukey Bisquare weighting is greater than the Huber weighting (45.88% > 44.34%) and the Residual Standard Error value (RSE) of the Tukey Bisquare weighting is smaller than the Huber weighting (1,214 < 1,345).

Keywords: *M-Estimator Robust Regression, Huber, Tukey Bisquare, Unemployment Rate.*

Abstrak. Analisis regresi merupakan suatu metode untuk memprediksi nilai variabel tak bebas (Y) berdasarkan variabel bebasnya (X_j), untuk itu diperlukan model regresi. Model regresi dengan Metode Kuadrat Terkecil (MKT) kurang tepat apabila terdapat pelanggaran asumsi. Asumsi yang tidak terpenuhi dapat disebabkan oleh adanya pencilan yang mempengaruhi model regresi, baik pencilan dalam variabel bebas (X_j) maupun pencilan dalam variabel tak bebas (Y). Regresi *Robust* digunakan agar model regresi yang dihasilkan kekar (*Robust*) terhadap adanya pencilan. Salah satu estimasi dari regresi *Robust* yaitu Estimasi-M. Pembobot dalam Estimasi-M diantaranya pembobot *Huber* dan *Tukey Bisquare*. Dalam artikel ilmiah ini akan dibahas mengenai regresi *Robust* Estimasi-M dengan pembobot *Huber* dan *Tukey Bisquare* pada data tingkat pengangguran di Indonesia menurut provinsi tahun 2020. Data meliputi tingkat pengangguran terbuka sebagai variabel tak bebas (Y), upah minimum provinsi sebagai variabel bebas ke-1 (X_1), dan angkatan kerja sebagai variabel bebas ke-2 (X_2). Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa Estimasi-M dengan pembobot *Tukey Bisquare* menghasilkan model regresi *Robust* terbaik karena nilai *Adjusted R-square* dari pembobot *Tukey Bisquare* lebih besar daripada pembobot *Huber* (45,88% > 44,34%) dan nilai *Residual Standard Error* (RSE) dari pembobot *Tukey Bisquare* lebih kecil daripada pembobot *Huber* (1,214 < 1,345).

Kata Kunci: *Regresi Robust Estimasi-M, Huber, Tukey Bisquare, Tingkat Pengangguran.*

A. Pendahuluan

Analisis regresi linear berganda merupakan salah satu metode statistika untuk melihat hubungan fungsional suatu variabel tak bebas (Y) dengan dua atau lebih variabel bebasnya (X_j) yang bertujuan untuk menghasilkan model regresi [1]. Salah satu metode untuk mengestimasi parameter model regresi yaitu Metode Kuadrat Terkecil (MKT). Dalam Metode Kuadrat Terkecil (MKT), asumsi klasik harus terpenuhi. Jika terdapat asumsi yang tidak terpenuhi, maka penduga parameter yang diperoleh akan bersifat bias. Asumsi normalitas menjadi salah satu asumsi yang sering tidak terpenuhi. Asumsi yang tidak terpenuhi biasanya dipengaruhi oleh adanya pencilan dalam data, baik pencilan dalam variabel bebas (X_j) maupun pencilan dalam variabel tak bebas (Y) [2].

Data yang mengandung pencilan dapat dianalisis dengan menggunakan regresi *Robust*. Menurut Olive [3] menyatakan bahwa, “Regresi *Robust* adalah suatu metode regresi yang digunakan pada saat sisaan data tidak berdistribusi normal karena disebabkan oleh adanya beberapa pencilan yang mempengaruhi model”. Salah satu metode estimasi dalam regresi *Robust* yaitu Estimasi-M, dimana fungsi pembobot dari Estimasi-M diantaranya pembobot *Huber* dan pembobot *Tukey Bisquare* [4]. Metode ini diterapkan pada data tingkat pengangguran di Indonesia tahun 2020. Pengangguran adalah suatu keadaan dimana seseorang yang termasuk dalam angkatan kerja tetapi tidak mempunyai pekerjaan dan sedang mencari pekerjaan tetapi belum memperolehnya [5].

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: “Bagaimana penerapan metode regresi *Robust* Estimasi-M dengan pembobot *Huber* dan *Tukey Bisquare* pada data tingkat pengangguran di Indonesia menurut provinsi tahun 2020”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk menerapkan metode regresi *Robust* Estimasi-M dengan pembobot *Huber* dan *Tukey Bisquare* pada data tingkat pengangguran di Indonesia menurut provinsi tahun 2020.

B. Metodologi Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data tingkat pengangguran dari 34 provinsi di Indonesia pada tahun 2020. Data merupakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS). Data berisi tingkat pengangguran terbuka (Y), upah minimum provinsi (X_1), dan angkatan kerja (X_2).

Langkah-langkah dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

Mendesripsikan data dan menaksir koefisien regresi menggunakan Metode Kuadrat Terkecil (MKT) dengan persamaan berikut [2]:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'y.$$

Setelah diperoleh model regresi, selanjutnya dilakukan pengujian asumsi normalitas, homoskedastisitas, dan multikolinieritas. Jika asumsi normalitas tidak terpenuhi, maka dilakukan identifikasi pencilan dengan metode *leverage* dan *R-student*.

Untuk nilai *leverage* (h_{ii}) menggunakan persamaan berikut:

$$h_{ii} = x'i(X'X)^{-1}xi$$

Jika nilai $h_{ii} > 2p/n$, maka pengamatan tersebut dinyatakan sebagai pencilan pada variabel bebas (X_j) [7]. Dimana $p = k + 1$.

Sedangkan untuk *R-Student* menggunakan persamaan berikut:

$$t_i = \frac{y_i - \hat{y}_i}{s_{-i}\sqrt{1 - h_{ii}}}$$

dimana

$$s_{-i} = \sqrt{\frac{(n-p)s^2 - e_i^2/(1-h_{ii})}{n-p-1}}$$

Dalam suatu pengamatan terdapat pencilan pada variabel tak bebas (Y) apabila $|t_i| \geq t_{(1-\frac{\alpha}{2}, n-p-1)}$ [7].

Setelah itu, dilakukan identifikasi amatan berpengaruh dengan *DFITS*, *DFBETAS* dan

Cook's Distance (Cook's D).

Nilai DFFITS dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$(DFFITS)_i = \frac{\hat{y}_i - \hat{y}_{i,-i}}{s_{-i}\sqrt{h_{ii}}}$$

Jika $|DFFITS| > 2\sqrt{p/n}$ maka pengamatan tersebut adalah pengamatan berpengaruh [7]. Dimana $p = k + 1$.

Nilai $DFBETAS_{j,i}$ dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$DFBETAS_{j,i} = \frac{b_j - b_{j,-i}}{s_{-i}\sqrt{c_{jj}}}$$

Jika $|DFBETAS_{j,i}| > 2/\sqrt{n}$ maka pengamatan tersebut adalah pengamatan yang berpengaruh [7].

Nilai *Cook's D* dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$D_i = \frac{(\mathbf{b} - \mathbf{b}_{-i})'(\mathbf{X}'\mathbf{X})(\mathbf{b} - \mathbf{b}_{-i})}{ps^2}$$

Suatu pengamatan diidentifikasi sebagai pengamatan yang berpengaruh apabila nilai *Cook's D* $> 4/(n - k - 1)$ atau *Cook's D* $> 4/(n - p)$ [8].

Jika asumsi normalitas tidak terpenuhi yang disebabkan oleh adanya pencilan, maka penaksiran koefisien regresi dilakukan menggunakan metode regresi *Robust* Estimasi-M dengan pembobot *Huber* dan *Tukey Bisquare*. Dimana langkah-langkahnya yaitu sebagai berikut [4]:

1. Hitung nilai sisaan (e_i) dari model MKT (Metode Kuadrat Terkecil).
2. Hitung nilai $\hat{\sigma}$ dimana $\hat{\sigma} = \frac{\text{median}|e_i - \text{median}(e_i)|}{0,6745}$ [2].
3. Hitung nilai u_i dimana $u_i = \frac{e_i}{\hat{\sigma}}$.
4. Hitung nilai pembobot (w_i) dari *Huber* dan *Tukey Bisquare* yaitu sebagai berikut:

Tabel 1. Fungsi Objektif dan Fungsi Pembobot *Huber* dan *Tukey Bisquare*

Metode	Fungsi Objektif	Fungsi Pembobot
<i>Huber</i>	$\rho(u_i) = \begin{cases} \frac{1}{2}u_i^2, & u_i \leq c \\ c u_i - \frac{1}{2}c^2, & u_i > c \end{cases}$	$w(u_i) = \begin{cases} 1, & u_i \leq c \\ \frac{c}{ u_i }, & u_i > c \end{cases}$
<i>Tukey Bisquare</i>	$\rho(u_i) = \begin{cases} \frac{c^2}{6} \{1 - [1 - (\frac{u_i}{c})^2]^3\}, & u_i \leq c \\ \frac{c^2}{6}, & u_i > c \end{cases}$	$w(u_i) = \begin{cases} [1 - (\frac{u_i}{c})^2]^2, & u_i \leq c \\ 0, & u_i > c \end{cases}$

Sumber: Fox, 2002.

Nilai c untuk pembobot *Huber* adalah 1,345 dan nilai c untuk pembobot *Tukey Bisquare* adalah 4,685 [9].

1. Melakukan penaksiran koefisien regresi *Robust* Estimasi-M ($\hat{\beta}_m$) dengan menggunakan persamaan $\hat{\beta}_m = (\mathbf{X}'\mathbf{W}\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{W}\mathbf{y}$. Dimana \mathbf{W} adalah matriks pembobot dengan unsur-unsur diagonalnya yaitu w_i . Nilai w_i merupakan hasil perhitungan pada point 4).
2. Melakukan iterasi sampai $\hat{\beta}_m$ konvergen dari masing-masing pembobot.

Setelah koefisien regresi *Robust* Estimasi-M ($\hat{\beta}_m$) konvergen untuk kedua pembobot. Dilakukan pengujian signifikasi parameter dengan uji F (uji simultan) dan uji t (uji parsial).

Berikut pengujian hipotesis untuk Uji F (Simultan) [10]:

Hipotesis:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0.$$

$$H_1: \text{minimal ada satu } \beta_j \neq 0, j = 1, 2, \dots k.$$

Statistik Uji:

$$F_{hitung} = \frac{KTR}{KTS}$$

Kriteria Uji:

Tolak H_0 jika $F > F_{\alpha; k; n-2}$.

Sedangkan pengujian hipotesis untuk Uji t (Parsial) yaitu sebagai berikut [10]:

Hipotesis:

$H_0: \beta_j = 0$.

$H_1: \beta_j \neq 0$.

Statistik Uji:

$$t = \frac{b_j(\text{weight})}{Sb_j(\text{weight})}$$

Kriteria Uji:

Tolak H_0 jika $t > t_{(n-k-1; \frac{\alpha}{2})}$.

Setelah dilakukan uji signifikansi parameter, bandingkan kedua model regresi *Robust Estimasi-M* dengan pembobot *Huber* dan *Tukey Bisquare* berdasarkan nilai *Adjusted R – Square* terbesar dan nilai *Residual Standard Error (RSE)* terkecil.

Nilai *Adjusted R-square* diperoleh dari persamaan berikut [10]:

$$R_a^2 = 1 - \frac{MSE}{SST/p-1}$$

dimana *MSE (Mean Square Error)* adalah kuadrat tengah sisaan dan *SST (Sum Squared Total)* adalah jumlah kuadrat total.

Sedangkan *Residual Standard Error (RSE)* diperoleh dari persamaan berikut [10]:

$$RSE = \sqrt{\frac{SSE}{n-2}}$$

dimana *SSE* adalah Jumlah Kuadrat Sisaan (JKS).

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

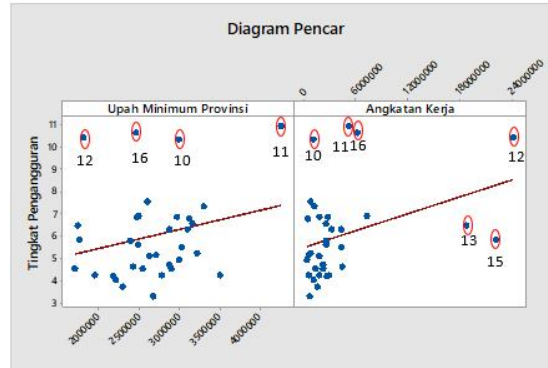
Deskripsi Data

Data dideskripsikan dalam bentuk diagram batang dan diagram pencar, yaitu sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Batang Tingkat Pengangguran

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa, tingkat pengangguran terendah berada pada Provinsi Sulawesi Barat yaitu sebesar 3,32%. Sedangkan tingkat pengangguran tertinggi ada pada Provinsi DKI Jakarta yaitu sebesar 10,95%.



Gambar 2. Diagram Pencar

Berdasarkan diagram pencar pada Gambar 2, tingkat pengangguran terbuka dengan upah minimum provinsi dan angkatan kerja menunjukkan arah yang positif. Hal ini menunjukkan bahwa semakin meningkatnya upah minimum provinsi dan angkatan kerja maka akan meningkatkan tingkat pengangguran terbuka. Selain itu, terdapat pengamatan yang berada jauh dari pengamatan lainnya. Pengamatan ini dapat dicurigai sebagai pencilan.

Penaksiran Koefisien Regresi Linear Berganda

Model regresi yang terbentuk dari data tingkat pengangguran di Indonesia menurut provinsi pada tahun 2020 dengan Metode Kuadrat Terkecil (MKT) adalah sebagai berikut:

$$\hat{y} = -0,0963 + 0,000001966X_1 + 0,0000002161X_2$$

Dimana:

\hat{y} = Tingkat Pengangguran Terbuka.

X_1 = Upah Minimum Provinsi.

X_2 = Angkatan Kerja.

Asumsi Normalitas

1. Hipotesis:
 - H_0 : Sisaan berdistribusi normal.
 - H_1 : Sisaan tidak berdistribusi normal.
2. Statistik Uji:
 - $W = 0,9248$ dan $p\text{-value} = 0,0222$.
3. Kesimpulan:
 - Dengan menggunakan $\alpha = 5\%$ diperoleh nilai $W_{(34;0,05)} = 0,933$. Maka H_0 ditolak sebab $0,9248 < 0,933$ dan $0,0222 < 0,05$ sehingga sisaan tidak berdistribusi normal pada taraf nyata 5%.

Asumsi Homoskedastisitas

1. Hipotesis:
 - H_0 : Tidak terdapat masalah heteroskedastisitas.
 - H_1 : Terdapat masalah heteroskedastisitas.
2. Statistik Uji:
 - Disajikan pada Tabel 2.
3. Kriteria Uji:
 - Terima H_0 jika $p\text{-value} > \alpha$.

Tabel 2. Keputusan Pengujian Asumsi Homoskedastisitas

Model	t	p-value	α	Kesimpulan
Konstanta	-0,115	0,909	> 0,05	Homoskedastisitas
Upah Minimum Provinsi (X_1)	1,083	0,287	> 0,05	Homoskedastisitas
Angkatan Kerja (X_2)	1,402	0,171	> 0,05	Homoskedastisitas

Asumsi Multikolinieritas

Pengujian asumsi multikolinieritas disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Keputusan Pengujian Asumsi Multikolinieritas

Model	t	p-value	Collinearity Statistics	
			Tolerance	VIF
Konstanta	-0,057	0,955		
Upah Minimum Provinsi (X ₁)	3,256	0,003	0,762	1,313
Angkatan Kerja (X ₂)	3,808	0,001	0,762	1,313

Berdasarkan hasil pada Tabel 3, upah minimum provinsi dan angkatan kerja memiliki nilai VIF sebesar 1,313 dan nilai *tolerance* sebesar 0,762. Dimana nilai $VIF = 1,313 < 10$ dan nilai $tolerance = 0,762 > 0,10$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada korelasi diantara upah minimum provinsi dan angkatan kerja.

Identifikasi Pencilan dan Amatan Berpengaruh

Setelah dilakukan pengujian asumsi diperoleh hasil bahwa hanya asumsi normalitas yang tidak terpenuhi. Pelanggaran asumsi normalitas dapat disebabkan oleh adanya pencilan yang mempengaruhi model regresi, baik pencilan pada variabel bebas (X_j) maupun pencilan pada variabel tak bebas (Y). Oleh sebab itu, dilakukan pemeriksaan dengan menggunakan nilai *leverage*, *R-Student*, *DFFITs*, *DFBETAS*, dan *Cook's D*. Kriteria suatu pengamatan merupakan pencilan yang mempengaruhi model regresi yaitu jika nilai $h_{ii} > \frac{2(3)}{34} = 0,1765$, $|t_i| \geq 2,04$, $|DFFITs| > 0,5941$, $|DFBETAS_{j,i}| > 0,3430$, dan $Cook's D > 0,1290$. Diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Ringkasan Identifikasi Pencilan dan Amatan Berpengaruh

i	h_{ii}	$ t_i $	$ DFFITs_i $	$ DBETAS_{0,i} $	$ DBETAS_{1,i} $	$ DBETAS_{2,i} $	<i>Cook's D</i>
10		2,62	0,6142				
11	0,3613		0,9343	0,8434	0,8969	0,4832	0,2876
12	0,3582		1,0927			0,9354	0,3869
13	0,1988						
15	0,2926		1,2191			0,9871	0,4635
16		2,78	0,6029				
34			0,6627	0,4619	0,5454		0,1346

Berdasarkan Tabel 4. dapat disimpulkan bahwa pada data tingkat pengangguran di Indonesia menurut provinsi tahun 2020 terdapat 5 data yang terdeteksi sebagai pencilan yang mempengaruhi model regresi. Pengamatan tersebut adalah pengamatan ke-10, 11, 12, 15, dan 16. Pengamatan ke-11, 12, dan 15 adalah pencilan dalam X_j sedangkan pengamatan ke-10 dan 16 adalah pencilan dalam Y.

Regresi Robust Estimasi-M dengan Pembobot Huber dan Tukey Bisquare.

Setelah terbukti bahwa asumsi normalitas tidak terpenuhi yang disebabkan oleh adanya pencilan dalam data, maka penaksiran koefisien regresi dilakukan dengan menggunakan metode regresi *Robust Estimasi-M* dengan pembobot *Huber* dan *Tukey Bisquare*.

Langkah pertama, keluarkan nilai e_i dari model regresi yang diperoleh dengan Metode Kuadrat Terkecil (MKT). Selanjutnya hitung $med|e_i - med(e_i)| = 0,9021$. Dari nilai tersebut hitung $\hat{\sigma} = \frac{0,9021}{0,6745} = 1,3375$. Setelah diperoleh nilai $\hat{\sigma} = 1,3375$, substitusikan nilai tersebut kedalam $u_i = \frac{e_i}{1,3375}$. Nilai u_i digunakan untuk menentukan besar pembobot (w_i).

Berikut fungsi untuk pembobot *Huber*:

$$w_i = \begin{cases} 1, & |u_i| \leq 1,345 \\ \frac{1,345}{|u_i|}, & |u_i| > 1,345 \end{cases}$$

Berdasarkan fungsi pembobot di atas, maka hasil taksiran koefisien regresi *Robust* Estimasi-M dengan menggunakan pembobot *Huber* yaitu sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Iterasi Penaksiran Koefisien Regresi *Robust* Estimasi-M Pembobot *Huber*

Iterasi	β_0	β_1	β_2
1	-0,5088	0,000002054	0,0000002291
2	-0,5241	0,000002052	0,0000002306
3	-0,5243	0,000002052	0,0000002307
4	-0,5243	0,000002052	0,0000002307
5	-0,5244	0,000002052	0,0000002307
6	-0,5244	0,000002052	0,0000002307

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa koefisien regresi pada iterasi ke-6 sudah konvergen. Sehingga diperoleh model regresi yang sudah kekar (*Robust*) terhadap adanya pencilan dari pembobot *Huber* adalah sebagai berikut:

$$\hat{y} = -0,5244 + 0,000002052X_1 + 0,0000002307X_2$$

Sedangkan fungsi untuk Pembobot *Tukey Bisquare* yaitu sebagai berikut:

$$w_i = \begin{cases} [1 - (\frac{u_i}{4,685})^2]^2, & |u_i| \leq 4,685 \\ 0, & |u_i| > 4,685 \end{cases}$$

Berdasarkan fungsi pembobot di atas, maka hasil taksiran koefisien regresi *Robust* Estimasi-M dari pembobot *Tukey Bisquare* yaitu sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Iterasi Penaksiran Koefisien Regresi *Robust* Estimasi-M Pembobot *Tukey Bisquare*

Iterasi	β_0	β_1	β_2
1	-0,4430	0,000002023	0,0000002227
2	-0,4495	0,000002015	0,0000002222
3	-0,4422	0,000002010	0,0000002216
4	-0,4392	0,000002008	0,0000002214
5	-0,4382	0,000002008	0,0000002213
6	-0,4378	0,000002008	0,0000002213
7	-0,4377	0,000002008	0,0000002213
8	-0,4377	0,000002008	0,0000002213

Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa koefisien regresi pada iterasi ke-8 sudah konvergen. Sehingga diperoleh model regresi yang sudah kekar (*Robust*) terhadap adanya pencilan dengan menggunakan pembobot *Tukey Bisquare* adalah sebagai berikut:

$$\hat{y} = -0,4377 + 0,000002008X_1 + 0,0000002213X_2$$

Pengujian Signifikansi Parameter

Uji F (Uji Simultan).

1. Hipotesis:
 - $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = 0.$
 - $H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_j \neq 0, j = 1,2.$
2. Statistik Uji:

Disajikan pada Tabel 7.

3. Kriteria Uji:

Tolak H_0 jika $F > F_{\alpha;k;n-2}$ atau $p - value < \alpha$. Dengan menggunakan $\alpha = 5\%$ diperoleh nilai $F_{0,05;2;32} = 3,29$.

Tabel 7. Ringkasan Uji F untuk Model Regresi *Robust* pembobot *Huber* dan *Tukey Bisquare*

Pembobot	F	$p-value$	Keputusan	Kesimpulan
<i>Huber</i>	14,146	0,000	H_0 ditolak	Signifikan
<i>Tukey Bisquare</i>	14,990	0,000	H_0 ditolak	Signifikan

4. Kesimpulan

Upah minimum provinsi dan angkatan kerja secara bersama-sama mempengaruhi tingkat pengangguran terbuka pada taraf nyata 5%. Hal ini mengindikasikan bahwa model regresi yang dihasilkan oleh pembobot *Huber* maupun pembobot *Tukey Bisquare* berarti atau signifikan, sehingga model regresi dapat digunakan untuk memprediksi.

Uji t (Uji Parsial)

1. Hipotesis:

$H_0: \beta_j = 0.$

$H_1: \beta_j \neq 0.$

2. Statistik Uji:

Disajikan pada Tabel 8.

3. Kriteria Uji:

Tolak H_0 jika $t > t_{(n-k-1, \frac{\alpha}{2})}$ atau $p - value < \alpha$. Dengan menggunakan $\alpha = 5\%$ maka diperoleh nilai $t_{(0,975;31)} = 3,02$.

Tabel 8. Ringkasan Uji t Koefisien Regresi *Robust* Pembobot *Huber* dan *Tukey Bisquare*

<i>Huber</i>				
Variabel	t	$p-value$	Keputusan	Kesimpulan
$\beta_1 =$ Upah Minimum Provinsi	4,147	0,000243	H_0 ditolak	Signifikan
$\beta_2 =$ Angkatan kerja	4,888	0,0000296	H_0 ditolak	Signifikan
<i>Tukey Bisquare</i>				
Variabel	t	$p-value$	Keputusan	Kesimpulan
$\beta_1 =$ Upah Minimum Provinsi	4,341	0,00014	H_0 ditolak	Signifikan
$\beta_2 =$ Angkatan kerja	4,985	0,0000224	H_0 ditolak	Signifikan

4. Kesimpulan:

Upah minimum provinsi dan angkatan kerja secara signifikan mempengaruhi tingkat pengangguran terbuka pada taraf nyata 5%.

Kriteria Pemilihan Model

Kriteria untuk memilih model regresi *Robust* Estimasi-M terbaik diantara pembobot *Huber* dan *Tukey Bisquare* adalah dengan membandingkan nilai *Adjusted R-square* terbesar dan nilai RSE terkecil. Hasil perbandingan disajikan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan Model Regresi *Robust* Estimasi-M Pembobot *Huber* dan *Tukey Bisquare*

	<i>Huber</i>	<i>Tukey Bisquare</i>
<i>Adjusted R-square</i>	44,34%	45,88%
RSE	1,345	1,214
Variabel yang Signifikan	X_1, X_2	X_1, X_2

Berdasarkan Tabel 9 dapat disimpulkan bahwa model regresi terbaik adalah model

regresi *Robust* Estimasi-M dengan pembobot *Tukey Bisquare* karena nilai *Adjusted R-square* dari pembobot *Tukey Bisquare* lebih besar daripada pembobot *Huber* ($45,88\% > 44,34\%$) dan nilai *Residual Standard Error* (RSE) dari pembobot *Tukey Bisquare* lebih kecil daripada pembobot *Huber* ($1,214 < 1,345$).

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa pada Metode Kuadrat Terkecil (MKT) terjadi pelanggaran asumsi normalitas yang disebabkan oleh adanya 5 data pencilan yang mempengaruhi model regresi. Maka diterapkan regresi *Robust* Estimasi-M dengan pembobot *Huber* dan *Tukey Bisquare*. Dari kedua pembobot tersebut, pembobot *Tukey Bisquare* menghasilkan model regresi terbaik dibandingkan dengan pembobot *Huber*. Sehingga diperoleh model regresi *Robust* terbaik yaitu sebagai berikut:

$$\hat{y} = -0,4377 + 0,000002008X_1 + 0,0000002213X_2$$

Model regresi *Robust* tersebut terbukti signifikan, serta terbukti bahwa upah minimum provinsi dan angkatan kerja mempengaruhi tingkat pengangguran terbuka.

Acknowledge

Terima kasih kepada semua pihak yang ikut serta dalam penyusunan artikel ilmiah ini, khususnya untuk Ibu Dr. Lisnur Wachidah., Dra., M,Si selaku dosen pembimbing yang selalu memberi dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan artikel ilmiah ini.

Daftar Pustaka

- [1] Sudjana. (2013). *Metoda Statistika*. Edisi Ketujuh. Bandung: Tarsito.
- [2] Yaziz, K, D., & Rizki, S. W. (2019). Analisis Regresi *Robust* Estimasi-M dengan Menggunakan Pembobotan Bisquare *Tukey* dan *Welsch* Dalam Mengatasi Data Outlier. *Buletin Ilmiah Mat, Stat, dan Terapannya (Bimaster)*, **8**(4), 799-804.
- [3] Olive, D.J. (2005). *Applied Robust Statistics*. Carbondale: Southern Illinois University.
- [4] Pratiwi, H., Susanti, Y., & Handajani, S. S. (2018). A *Robust* Regression by Using *Huber* Estimator and *Tukey Bisquare* Estimator for Predicting Availability of Corn in Karanganyar Regency, Indonesia. *Indonesian Journal of Applied Statistics*, **1**(1), 37-44.
- [5] Sukirno, S. (2004). *Makroekonomi Teori Pengantar*. Edisi Ketiga. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- [6] Badan Pusat Statistik. (2020). *Tenaga Kerja* (Online), (<https://bps.go.id>, diakses pada 18 Januari 2022).
- [7] Belsley, D.A., Kuh, E., and Welsch, R.E. (1980). *Regression Diagnostics: Identifying Influential Data and Sources of Collinearity*. New York, NY: Wiley.
- [8] Hoffmann, J.P. (2003). *Generalized Linear Models: An Applied Approach*. Boston, MA: Allyn and Bacon.
- [9] Fox, J. (2002). *Robust Regression*. New York.
- [10] Itasia & Angraini, Y. (2016). *Bahan Ajar Analisis Regresi*, Bogor: Department of Statistics Bogor Agricultural University (IPB).
- [11] Febyanti, Fifia. (2022). *Pemodelan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Harga Rumah di Jabodetabek Menggunakan Metode Regresi Probit*, *Jurnal Riset Statistika*, **2**(1), 50-56.