

**PENERAPAN METODE REGRESI *ROBUST* ESTIMASI-M  
UNTUK KASUS DATA PDRB PERKAPITA  
PROVINSI JAWA TENGAH TAHUN 2021**

**Safina Sabila Rizqi**

Jurusan Matematika, Universitas Jenderal Soedirman

**Nunung Nurhayati\***

Jurusan Matematika, Universitas Jenderal Soedirman  
nunung.nurhayati@unsoed.ac.id

**Sri Maryani**

Jurusan Matematika, Universitas Jenderal Soedirman

**ABSTRACT.** *Economic growth and more equitable income distribution are necessary to improve the community's welfare. One of the most important indicators for measuring the economic growth of a region is the value of regional domestic product (RDP). A regression model can predict the regional domestic product (RDP) in Central Java. One of the estimation methods used in linear regression models is the ordinary least squares (OLS). The use of OLS becomes inappropriate when there are violations of classical assumptions caused by outliers in the data. The robust estimation-M regression method can address outliers in the data. This study applied the robust estimation-M regression method to the case of per capita PDRB data for districts/cities in Central Java Province in 2021. The weighting functions used were the Tukey bisquare weighting function and the Huber weighting function. The adjusted R-squared value and mean squared error (MSE) were used to determine the best model criteria. The results show robust estimation-M regression with the Huber weighting function, the optimal parameter estimation that gives the best model. This is because the Huber weighting function has a higher adjusted R-squared value than the Tukey bisquare weighting function, and the Huber weighting function has a lower MSE than the Tukey bisquare weighting function.*

**Keywords:** *least squares method, robust, M-estimation, Huber weighting function, Tukey bisquare weighting function.*

**ABSTRAK.** Pertumbuhan ekonomi dan distribusi pendapatan yang lebih merata diperlukan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Salah satu indikator terpenting untuk mengukur pertumbuhan ekonomi suatu daerah adalah nilai pertumbuhan produk domestik regional bruto (PDRB). Besarnya produk domestik regional bruto (PDRB) di Jawa Tengah dapat diprediksi dengan menggunakan model regresi. Salah satu metode estimasi yang digunakan dalam model regresi linier adalah metode kuadrat terkecil (MKT). Penggunaan MKT menjadi kurang tepat apabila terdapat pelanggaran asumsi klasik yang disebabkan oleh adanya pencilan pada data. Metode regresi *robust* estimasi-M dapat digunakan untuk mengatasi pencilan pada data. Pada penelitian ini, metode regresi *robust* estimasi-M diterapkan pada kasus data PDRB perkapita kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah tahun 2021. Fungsi pembobot yang digunakan yaitu fungsi

---

\*Penulis Korespondensi

pembobot Tukey *bisquare*, dan fungsi pembobot Huber Nilai *adjusted R-squared* dan *mean squared error* (MSE) digunakan untuk menentukan kriteria model yang terbaik. Hasil penelitian menunjukkan regresi *robust* estimasi-M dengan fungsi pembobot Huber merupakan estimasi parameter optimal dalam menentukan model terbaik. Hal ini disebabkan fungsi pembobot Huber memiliki nilai *adjusted R-squared* yang lebih tinggi daripada fungsi pembobot Tukey *bisquare*, dan fungsi pembobot Huber memiliki MSE yang lebih rendah daripada fungsi pembobot Tukey *bisquare*.

**Kata Kunci:** metode kuadrat terkecil, *robust*, estimasi-M, fungsi pembobot Huber, fungsi pembobot Tukey *bisquare*.

## 1. PENDAHULUAN

Pembangunan daerah merupakan pembangunan yang dimaksudkan untuk mendorong, memberdayakan masyarakat, menumbuhkan prakarsa serta meningkatkan partisipasi masyarakat dalam rangka membangun daerahnya, dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat (Rahman dan Chamelia, 2015). Pertumbuhan ekonomi dan distribusi pendapatan yang lebih merata diperlukan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Pertumbuhan ekonomi bergantung pada berbagai indikator. Salah satu indikator penting untuk mengukur pertumbuhan ekonomi suatu daerah adalah nilai pertumbuhan produk domestik regional bruto (PDRB). Nilai PDRB dapat menjelaskan seberapa besar kemampuan daerah untuk mengelola atau memanfaatkan sumber daya yang ada. PDRB adalah total nilai tambah bruto yang dihasilkan oleh semua sektor ekonomi di suatu wilayah.

Jawa Tengah merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang terdiri dari 29 kabupaten dan 6 kota. Pada triwulan II tahun 2021, pertumbuhan ekonomi Jawa Tengah mencapai 5,66% per tahun, sedikit lebih tinggi dibandingkan pertumbuhan ekonomi nasional yang mencapai 5,44%. Pada periode yang sama, provinsi-provinsi di Pulau Jawa menyumbang 56,55% terhadap total produk domestik bruto (PDB) Indonesia (BPS Jawa Tengah, 2022). Data ini menunjukkan bahwa Jawa Tengah memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi nasional.

Besarnya PDRB di Jawa Tengah dapat diprediksi dengan menggunakan model regresi. Model regresi adalah model statistika untuk menentukan hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor. Variabel prediktor dikenal juga

sebagai variabel independen, dan variabel respon dikenal sebagai variabel variabel dependen. Model regresi terdiri dari regresi linier dan regresi nonlinier. Regresi linier adalah jenis analisis regresi yang mengasumsikan variabel respon dan prediktor memiliki hubungan linier. Menurut Mendenhall dan Sincich (2020: 93), regresi linier diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu regresi linier sederhana (hanya mempunyai satu variabel prediktor) dan regresi linier berganda (mempunyai variabel prediktor lebih dari satu).

Metode kuadrat terkecil (MKT) merupakan salah satu metode estimasi yang digunakan dalam model regresi linier. Metode MKT digunakan untuk mengestimasi parameter dengan meminimalkan jumlah kuadrat dari error model. Untuk mengestimasi parameter model dengan MKT, diperlukan 4 asumsi klasik yang harus dipenuhi, yaitu *error* berdistribusi normal, tidak terjadi heteroskedastisitas, tidak terjadi autokorelasi, dan tidak terjadi multikolinieritas di antara variabel bebasnya. Jika ada asumsi yang dilanggar maka MKT menjadi kurang tepat. Data pencilan adalah salah satu penyebab umum terjadinya pelanggaran terhadap asumsi-asumsi tersebut.

Pencilan adalah observasi data dengan nilai yang berbeda dari observasi lainnya. Pencilan pada data dapat mengakibatkan penerapan MKT dalam mengestimasi parameter menjadi kurang tepat. Untuk mengatasinya dapat digunakan metode regresi *robust* dengan melibatkan pemberian bobot rendah pada observasi yang diidentifikasi sebagai pencilan.

Regresi *robust* adalah metode untuk menganalisis data yang mengandung pencilan. Tujuan regresi *robust* adalah untuk mengatasi penyimpangan yang terjadi dalam metode kuadrat. Estimasi *scale* (S), estimasi *maximum likelihood* (M), estimasi *method of moment* (MM), estimasi *least median square* (LMS), dan estimasi *least trimmed square* (LTS) adalah beberapa pendekatan yang digunakan untuk mengestimasi parameter regresi *robust* (Chen, 2002: 13). Regresi *robust* memiliki kelebihan yaitu model yang dihasilkan akan lebih tahan terhadap penyimpangan-penyimpangan asumsi yang sering terjadi pada model regresi linier klasik. Estimasi-M merupakan salah satu kelas estimasi *robust* yang paling penting dan paling luas digunakan (Pradewi dan Sudarno, 2012).

Pada penelitian sebelumnya, Ghazali dkk. (2015) mengkaji tentang metode regresi *robust* dengan estimasi-M pada regresi linier berganda. Penelitian lainnya yang terkait dengan topik ini dilakukan oleh Wardani dkk. (2021) mengenai metode regresi *robust* estimasi-M dengan fungsi pembobot Huber pada kasus data indeks kedalaman kemiskinan di Indonesia.

Selain itu, ada pula penelitian Nurbaroqah dkk. (2022) mengenai pendekatan regresi *robust* dengan fungsi pembobot *bisquare* Tukey yang diterapkan pada data IPM Provinsi Jawa Tengah Tahun 2021. Pada penelitian ini, penulis tertarik untuk melakukan penelitian serupa namun dengan beberapa perbedaan. Pada Nurbaroqah dkk. (2022) metode yang digunakan yaitu estimasi-S dan estimasi-M, sementara pada penelitian ini menggunakan metode estimasi-M. Estimasi-M digunakan karena dapat mengatasi adanya pelanggaran asumsi yang disebabkan oleh adanya pencilan. Perbedaan lainnya terletak pada kasus data yang digunakan serta terdapat penambahan fungsi pembobot yaitu pembobot Huber.

## 2. METODE PENELITIAN

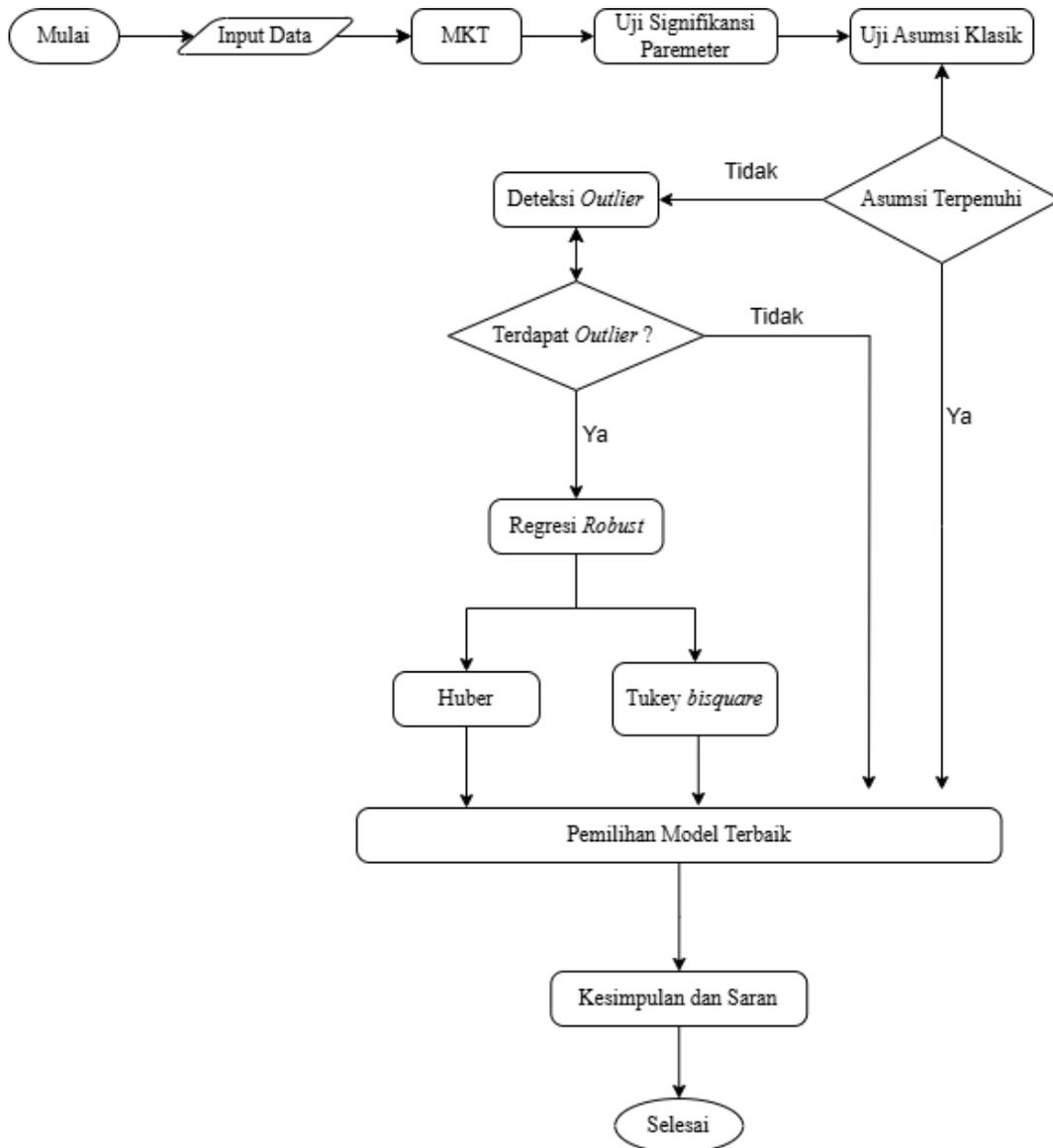
Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kasus. Dalam studi kasus ini, peneliti menerapkan metode regresi *robust* estimasi-M dengan fungsi pembobot Huber dan fungsi pembobot Tukey *bisquare* untuk kasus data PDRB perkapita Provinsi Jawa Tengah tahun 2021. Data PDRB diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Tengah.

Variabel yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari satu variabel respon dan tiga variabel prediktor (Tabel 1).

**Tabel 1.** Variabel penelitian

Variabel	Keterangan	Satuan
$y$	PDRB perkapita	Juta Rupiah/Jiwa
$x_1$	Indeks Pembangunan Manusia (IPM)	-
$x_2$	Persentase Angkatan Kerja (PAK)	Persen
$x_3$	Upah Minimum Kabupaten (UMK)	Juta Rupiah

Tahap-tahap analisis yang digunakan pada penelitian ini dapat digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 1, MKT digunakan untuk mengestimasi model regresi linier berganda. Untuk menguji parameter model signifikan atau tidak digunakan uji serentak dan uji parsial. Selanjutnya, untuk memeriksa asumsi model regresi linier digunakan uji asumsi klasik, meliputi uji normalitas, uji multikolinieritas, uji heteroskedastisitas, dan uji autokorelasi. Jika terjadi pelanggaran asumsi, penelitian dilanjutkan dengan pemeriksaan keberadaan pencilan (*outlier*) menggunakan DfFITS. Jika terdapat pencilan, penelitian dilanjutkan dengan estimasi model regresi *robust* menggunakan fungsi pembobot Huber dan dengan

fungsi pembobot Tukey *bisquare*. Pemilihan model regresi terbaik dilakukan berdasarkan kriteria nilai *adjusted R-squared* terbesar dan nilai MSE terkecil.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

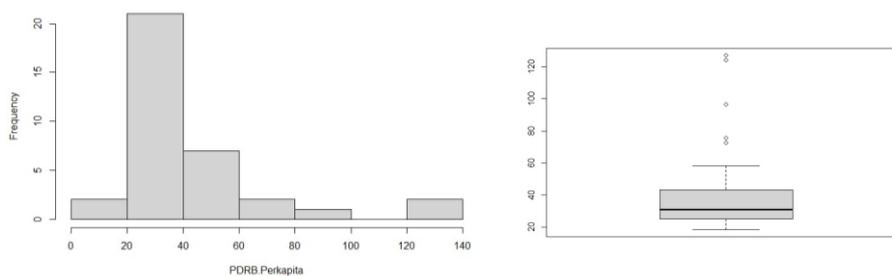
#### 3.1 Deskripsi Data

Langkah pertama dalam pemodelan data adalah mendeskripsikan karakteristik data variabel respon dan data variabel prediktor. Hasil analisis statistik deskriptif pada data PDRB perkapita Provinsi Jawa Tengah tahun 2021 dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Statistik deskriptif data PDRB perkapita Provinsi Jawa Tengah tahun 2021

Variabel	Keterangan	Rata-rata	Standar Deviasi	Minimum	Maksimum	Median
$y$	PDRB perkapita	41,39	27,19	18,49	126,95	30,99
$x_1$	IPM	72,85	4,45	66,32	83,60	72,36
$x_2$	PAK	65,97	4,21	56,64	72,07	66,49
$x_3$	UMK	2,04	0,21	1,81	2,81	1,99

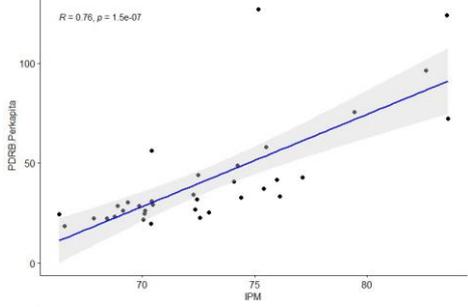
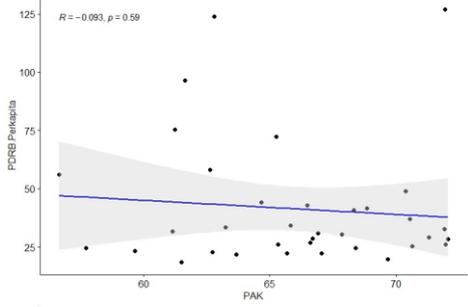
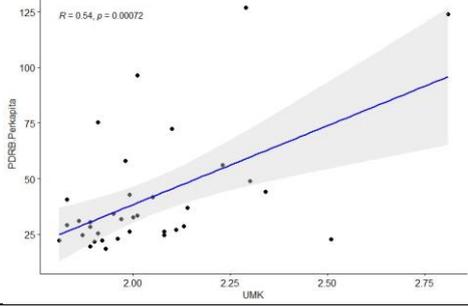
Langkah selanjutnya, memeriksa distribusi variabel respon dan memeriksa plot antara variabel respon dengan masing-masing variabel prediktor. Gambar 1 menggambarkan distribusi PDRB perkapita dalam bentuk histogram dan *boxplot*.



**Gambar 2.** Histogram dan boxplot data

Berdasarkan histogram dan boxplot pada Gambar 2, terlihat bahwa distribusi variabel respon PDRB perkapita tidak normal karena bentuk histogram maupun boxplot tidak simetris. Posisi median dalam boxplot tidak tepat berada di tengah-tengah kotak boxplot. Sementara itu, terdapat lima titik yang tersebar di luar kotak yang artinya bahwa lima titik tersebut diduga sebagai pencilan.

**Tabel 3.** Scatterplot antara variabel respon dengan variabel prediktor

Variabel Respon	Variabel Prediktor	Scatterplot	Keterangan
PDRB perkapita	IPM		<ul style="list-style-type: none"> <li>Terdapat hubungan linier yang positif antara PDRB perkapita dengan IPM.</li> </ul>
PDRB perkapita	PAK		<ul style="list-style-type: none"> <li>Terdapat hubungan linier yang negatif antara PDRB perkapita dengan PAK</li> </ul>
PDRB perkapita	UMK		<ul style="list-style-type: none"> <li>Terdapat hubungan linier yang positif antara PDRB perkapita dengan UMK</li> </ul>

Scatterplot antara variabel respon dengan variabel prediktor pada tabel 3, menunjukkan bahwa bahwa terdapat dua variabel prediktor yang memiliki hubungan linier positif yaitu IPM dan UMK dengan masing-masing nilai koefisien korelasi sebesar 0,76 dan 0,54. Sementara itu, variabel yang memiliki hubungan linier negatif yaitu PAK dengan nilai koefisien korelasi sebesar -0,093.

### 3.2 Estimasi Parameter Model Regresi Linier Berganda

Model regresi linier berganda yang terbentuk dari estimasi parameter MKT dengan bantuan *software R* 4.1.3 sebagai berikut

$$\hat{y}_i = -291,0888 + 3,9194 x_{i1} - 0,3509 x_{i2} + 34,3353 x_{i3}$$

atau

$$\text{PDRB perkapita} = -291,0888 + 3,9194 \text{ IPM} - 0,3509 \text{ PAK} + 34,3353 \text{ UMK.} \quad (1)$$

### 3.3 Uji Signifikansi

#### 3.3.1 Uji serentak

Berdasarkan *output software R* 4.1.3,  $H_0$  ditolak karena *p-value* yang dihasilkan sangat kecil yaitu sebesar  $6,549 \times 10^{-7}$ . Artinya paling sedikit terdapat satu variabel prediktor yang berpengaruh pada variabel respon. Oleh karena itu, diperlukan pengujian secara individu untuk mengetahui variabel prediktor mana yang memiliki pengaruh terhadap variabel respon.

#### 3.3.2 Uji parsial

Pada *output software R* 4.1.3, variabel prediktor dikatakan berpengaruh secara signifikan apabila nilai  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ . Hasil uji parsial disajikan pada Tabel 3 berikut

**Tabel 4.** Hasil uji parsial

Variabel	Keterangan	Koefisien	$t$ hitung	Kesimpulan
$x_1$	IPM	3,9194	5,3200	Signifikan
$x_2$	PAK	-0,3509	-0,4970	Tidak Signifikan
$x_3$	UMK	34,3353	2,1760	Signifikan

Tabel 4 menunjukkan bahwa variabel prediktor yang memiliki pengaruh secara signifikan terhadap PDRB perkapita adalah IPM dan UMK.

### 3.4 Uji Asumsi Klasik

#### 3.4.1 Uji normalitas

Uji normalitas yang digunakan adalah uji Kolmogorov-Smirnov. Berdasarkan *output software R* 4.1.3 diperoleh *p-value* yang sangat kecil yaitu sebesar  $1,481 \times 10^{-7}$ . Karena itu,  $H_0$  ditolak, artinya *error* model tidak berdistribusi normal.

#### 3.4.2 Uji multikolinieritas

Berdasarkan *output software R* 4.1.3, nilai *Tolerance* dan  $\text{VIF} < 10$  disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Nilai *Tolerance* dan *VIF* masing-masing variabel

Variabel	Keterangan	<i>Tolerance</i>	Nilai <i>VIF</i>
$x_1$	IPM	0,8145951	1,227604
$x_2$	PAK	0,9897143	1,010393
$x_3$	UMK	0,8070339	1,239105

Tabel 5 menunjukkan bahwa semua variabel prediktor mempunyai nilai *Tolerance*  $> 0,1$  dan nilai *VIF*  $< 10$ . Artinya, tidak terdapat multikolinearitas pada model regresi.

### 3.4.3 Uji heterokedastisitas

Uji heterokedastisitas menggunakan uji Glejser. Pada *output software R*, diperoleh *p-value* sebesar 0,0116 sehingga dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  ditolak karena *p-value*  $< \alpha$ . Artinya tidak terjadi masalah heterokedastisitas pada model regresi.

### 3.4.4 Uji autokorelasi

Berdasarkan *output software R* 4.1.3, diperoleh *p-value* yang lebih besar dari taraf signifikansi yaitu sebesar 0,5589. Karena itu, dapat disimpulkan bahwa maka  $H_0$  tidak ditolak, artinya tidak terdapat autokorelasi pada model regresi.

Berdasarkan uji asumsi klasik yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa jika data PDRB perkapita dan variabel prediktornya dimodelkan dengan regresi linier berganda maka akan terjadi satu pelanggaran asumsi klasik yaitu *error* pada model tidak berdistribusi normal. Untuk mengatasi pelanggaran asumsi tersebut maka diperlukan model regresi lain yang lebih sesuai, yaitu model regresi *robust*.

## 3.5 Identifikasi Pencilan

Berdasarkan *boxplot* variabel respon pada Gambar 1, terdapat lima titik yang diduga sebagai pencilan pada data PDRB perkapita. Hasil perhitungan nilai batasan *DfFITS* dengan bantuan *software R* 4.1.3, sementara itu data yang dikategorikan sebagai pencilan disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Nilai *DfFITS*

Observasi ke- <i>i</i>	PDRB perkapita	IPM	PAK	UMK	<i>DfFITS</i>
19	126,95	75,16	71,95	2,29	2,8260
21	22,80	72,57	62,73	2,51	1,3171
33	123,98	83,55	62,79	2,81	0,9491

Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa terdapat tiga observasi yang dikategorikan sebagai pencilan yaitu observasi ke-19, ke-21 dan ke-33.

### 3.6 Regresi *Robust* Estimasi-M

#### 3.6.1 Estimasi-M dengan fungsi pembobot Huber

Model regresi *robust* estimasi-M dengan fungsi pembobot Huber diperoleh pada iterasi ke-12 sebagai berikut

$$\hat{y}_i = -208,9164 + 3,7325 x_{i1} - 1,1228 x_{i2} + 24,9971 x_{i3}$$

atau

$$\begin{aligned} \text{PDRB perkapita} = & -208,9164 + 3,7325 \text{ IPM} - 1,1228 \text{ PAK} \\ & + 24,9971 \text{ UMK}. \end{aligned} \quad (2)$$

#### 3.6.2 Estimasi-M dengan fungsi pembobot Tukey *bisquare*

Model regresi *robust* estimasi-M dengan fungsi pembobot Tukey *bisquare* diperoleh pada iterasi ke-43 sebagai berikut

$$\hat{y}_i = -142,0209 + 3,5663 x_{i1} - 1,1323 x_{i2} - 2,7318 x_{i3}$$

atau

$$\begin{aligned} \text{PDRB perkapita} = & -142,0209 + 3,5663 \text{ IPM} - 1,1323 \text{ PAK} \\ & - 2,7318 \text{ UMK}. \end{aligned} \quad (3)$$

### 3.7 Pemilihan Model Terbaik

Kriteria yang digunakan untuk menentukan model terbaik dari regresi *robust* estimasi-M yaitu *adjusted R-squared* dan MSE. Berikut adalah hasil dari perhitungan nilai *adjusted R-squared* dan MSE pada fungsi pembobot Huber dan fungsi pembobot Tukey *bisquare* dapat dibandingkan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Hasil pemilihan model terbaik berdasarkan fungsi pembobot

Fungsi Pembobot	<i>adjusted R-squared</i>	MSE
Huber	62,64%	276,20
Tukey <i>bisquare</i>	60,61%	291,18

Tabel 7 menunjukkan bahwa estimasi parameter yang terbaik dalam menentukan model terbaik pada kasus data PDRB perkapita yaitu regresi *robust* estimasi-M dengan fungsi pembobot Huber. Model yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada persamaan (3).

$$\hat{y}_i = -208,9164 + 3,7325 x_{i1} - 1,1228 x_{i2} + 24,9971 x_{i3}$$

atau

$$\text{PDRB perkapita} = -208,9164 + 3,7325 \text{ IPM} - 1,1228 \text{ PAK} \\ + 24,9971 \text{ UMK.}$$

Interpretasi model regresi *robust* estimasi-M dengan fungsi pembobot Huber adalah setiap kenaikan satu satuan IPM akan menaikkan PDRB perkapita sebesar 3,7325 juta rupiah/jiwa, setiap kenaikan satu persen PAK akan menurunkan PDRB perkapita sebesar 1,1228 juta rupiah/jiwa, serta setiap kenaikan satu satuan UMK akan menaikkan PDRB perkapita sebesar 24,9971 juta rupiah/jiwa. Model regresi *robust* dengan fungsi pembobot Huber menghasilkan nilai *adjusted R-squared* sebesar 62,64%. Artinya sebesar 62,64% variabel respon dapat dijelaskan oleh variabel prediktor, sementara itu 37,36 % dijelaskan oleh variabel yang lain.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Model regresi *robust* pada kasus data PDRB perkapita di Jawa Tengah tahun 2021 adalah sebagai berikut

- (a.) Model regresi *robust* dengan fungsi pembobot Huber yaitu

$$\hat{y}_i = -208,9164 + 3,7325 x_{i1} - 1,1228 x_{i2} + 24,9971 x_{i3}$$

atau

$$\text{PDRB perkapita} = -208,9164 + 3,7325 \text{ IPM} - 1,1228 \text{ PAK} \\ + 24,9971 \text{ UMK}$$

dengan nilai *adjusted R-squared* sebesar 62,64% dan nilai MSE sebesar 276,20;

- (b.) Model regresi *robust* dengan fungsi pembobot Tukey *bisquare* yaitu

$$\hat{y}_i = -142,0209 + 3,5663 x_{i1} - 1,1323 x_{i2} - 2,7318 x_{i3}$$

atau

$$\text{PDRB perkapita} = -142,0209 + 3,5663 \text{ IPM} - 1,1323 \text{ PAK} \\ - 2,7318 \text{ UMK}$$

dengan nilai *adjusted R-squared* sebesar 60,61% dan nilai MSE sebesar 291,18;

2. Berdasarkan nilai *adjusted R-squared* dan nilai MSE model terbaik pada kasus data PDRB perkapita yaitu model regresi *robust* estimasi-M dengan fungsi pembobot Huber. Hal ini dikarenakan dari nilai *adjusted R-squared* pada fungsi pembobot Huber lebih besar dari nilai *adjusted R-square* fungsi pembobot Tukey *bisquare* dan MSE dari fungsi pembobot Huber lebih kecil dari fungsi pembobot Tukey *bisquare*.

#### 4.2 Saran

Pada penelitian ini, telah diperoleh model regresi robust terbaik untuk kasus PDRB perkapita Provinsi Jawa Tengah tahun 2021. Namun, nilai *adjusted R-squared* yang diperoleh belum memuaskan. Untuk meningkatkan nilai *adjusted R-squared* pada penelitian selanjutnya dapat ditambahkan variabel-variabel prediktor lainnya, seperti persentase penduduk miskin dan tingkat pengangguran terbuka. Selain itu, disarankan juga untuk mencoba menggunakan metode estimasi regresi *robust* yang lain seperti metode estimasi-S dengan fungsi pembobot Welsch.

#### DAFTAR PUSTAKA

- BPS Jawa Tengah., *Pertumbuhan Ekonomi Jawa Tengah Triwulan II Tahun 2013*. 5 Agustus 2022, 50,1–7.
- Chen, C., *Statistics and Data Analysis. Robust Regression and Outlier Detection with the ROBUSTREG procedure*, 265-27, SAS Institute., Inc Cary, NC:IML Robust Regression, 2002.
- Ghazali, A., Yuniarti, D., dan Hayati, M. N., *Metode Regresi Robust dengan Estimasi-M pada Regresi Linier Berganda (Studi Kasus : Indeks Harga Konsumen Kota Tarakan)*. Jurnal EKSPONENSIAL **6**(2) (2015), 137–142.
- Mendenhall, W. dan Sincich, T., *A second course in statistics: Regression Analysis*. Pearson Education, Inc., London, 2020.
- Nurbaroqah, A., Pratikno, B., dan Supriyanto, S., *Pendekatan Regresi Robust dengan Fungsi Pembobot Bisquare Tukey pada Estimasi-M dan Estimasi-S*. Jurnal Ilmiah Matematika dan Pendidikan Matematika, **14**(1) (2022), 19–30.

- Pradewi, E. D. dan Sudarno., *Kajian Estimasi-M IRLS Menggunakan Fungsi Pembobot Huber dan Bisquare Tukey pada Data Ketahanan Pangan di Jawa Tengah*. *Media Statistika*, **5**(1) (2012), 1–10.
- Rahman, Y. A. dan Chamelia, A. L., *Faktor - faktor yang Mempengaruhi PDRB Kabupaten / Kota Jawa Tengah Tahun 2008-2012*. *Jejak*, **8**(1) (2015), 88-99.
- Wardani, I. K., Susanti, Y., dan Subanti, S., *Pemodelan Indeks Kedalaman Kemiskinan di Indonesia Menggunakan Analisis Regresi Robust*. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2021*, 15–23.

