

SKRIPSI

**PERBANDINGAN METODE REGRESI ROBUST ESTIMASI
M DENGAN PEMBOBOT TUKEY BISQUARE DAN
ESTIMASI LTS DALAM MENGATASI OUTLIER**

(Studi Kasus: Faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan
Manusia di Jawa Tengah pada Tahun 2024)



EDIA HESTININGTAS

21106010068

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2025

**PERBANDINGAN METODE REGRESI ROBUST ESTIMASI
M DENGAN PEMBOBOT TUKEY BISQUARE DAN
ESTIMASI LTS DALAM MENGATASI OUTLIER**

(Studi Kasus: Faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan
Manusia di Jawa Tengah pada Tahun 2024)

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1
Program Studi Matematika



diajukan oleh

EDIA HESTININGTAS

21106010068

Kepada

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2025



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Edia Hestiningtias

NIM : 21106010068

Judul Skripsi : Perbandingan Metode Regresi *Robust* Estimasi M Dengan Pembobot Tukey Bisquare dan Estimasi LTS Dalam Mengatasi *Outlier*. (Studi Kasus: Faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Tengah pada Tahun 2024.)

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Matematika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 05 Desember 2025

Pembimbing

Sri Utami Zuliana, S.Si., M.Sc., Ph.D.

NIP. 19741003 200003 2 002



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2509/Un.02/DST/PP.00.9/12/2025

Tugas Akhir dengan judul : PERBANDINGAN METODE REGRESI ROBUST ESTIMASI M DENGAN PEMBOBOT TUKEY BISQUARE DAN ESTIMASI LTS DALAM MENGATASI OUTLIER (Studi Kasus: Faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Tengah pada Tahun 2024)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : EDIA HESTININGTAS
Nomor Induk Mahasiswa : 21106010068
Telah diujikan pada : Senin, 15 Desember 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Sri Utami Zuliana, S.Si., M.Sc., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 6944d3a5bfc2d



Penguji I

Arya Fendha Ibnu Shina, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6944ded83cbf7



Penguji II

Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 694481a0c4151



Yogyakarta, 15 Desember 2025

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 694507d66bf6d

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Edia Hestingtias
NIM : 21106010068
Program Studi : Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan bahwa isi skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sesungguhnya skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri sepanjang pengetahuan penulis, bukan duplikasi atau saduran dari karya orang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 08 Desember 2025



Edia Hestingtias

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

KARYA SEDERHANA INI PENULIS PERSEMBAHKAN UNTUK:
KEDUA ORANG TUA PENULIS, KHUSUSNYA IBU SRI HARIYATI DAN
KELUARGA PENULIS
YANG TELAH MEMBERIKAN DO'A
DAN CINTA NYA YANG TAK TERBATAS.
KELUARGA DEKAT, SAHABAT DAN SEMUA ORANG-ORANG YANG
PERNAH SAYA KENAL.
ALMAMATER KAMPUS TERCINTA YANG BANYAK MEMBERIKAN
WARNA DALAM HIDUP SELAMA 4 TAHUN UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA.
"MATEMATIKA ANGKATAN 2021 TERCINTA"

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

”Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

(QS. Al Insyirah:5-6)

”Hanya karena tidak secepat orang lain, bukan berarti kita gagal sebagai manusia.”



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya yang tak ternilai harganya berupa keimanan, kesabaran, kekuatan dan kelancaran. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "Perbandingan Metode Regresi *Robust* Estimasi M Dengan Pembobot Tukey Bisquare Dan Estimasi LTS Dalam Mengatasi *Outlier*"

Mengenai skripsi ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pembimbing skripsi penulis, Ibu Sri Utami Zuliana, S.Si.,M.Sc.,Ph.D., atas segala bimbingan, saran, dan pendampingannya selama proses pengerjaan tugas akhir. Tanpa mengurangi rasa hormat, penulis juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Noorhaidi S.AG.,M.A., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Epha Diana Supandi, S.Si.,S.Sc., selaku Ketua Program Studi Matematika.
4. Seluruh dosen program studi Matematika dan staf fakultas Sains dan Teknologi yang senantiasa memberikan ilmu dan layanan terbaik kepada penulis dari awal hingga akhir perkuliahan.

5. Ibu tercinta, Ibu Sri Hariyati. Terima kasih karena selalu memberikan do'a dan memberikan cinta yang tidak pernah ada habisnya, terima kasih juga atas rasa nyaman dan aman setiap kali penulis berada di dekatnya.
6. Bapak, kehadiran maupun ketidakhadirannya membentuk penulis menjadi pribadi yang lebih kuat lagi.
7. Mbak Ita dan Mas Bambang, telah menjadi sosok kakak yang hebat untuk penulis dan selalu membawa canda tawa setiap penulis pulang ke rumah.
8. Seluruh keluarga dari Om Hari, yang telah membantu dalam perkuliahan penulis.
9. Mbok Sam, untuk bekal yang diberikan saat penulis pergi merantau ke Yogyakarta.
10. Seluruh keluarga besar yang telah memberikan banyak nasehat, kasih sayang, do'a dan dukungannya sehingga penulis sampai ke titik ini.
11. Ade, teman seperjuangan penulis selama empat tahun belakangan ini. Terima kasih banyak atas kenangan pahit dan manis yang sudah diberikan selama ini, penulis sangat bersyukur bisa mengenal pribadi seperti dirimu.
12. Dzahabiyyah, Nadhifa, Asti dan Yun, terima kasih atas segala bantuan baik dalam hal pembelajaran selama masa perkuliahan ataupun bantuan-bantuan kecil lainnya dan momen-momen yang sudah kita ciptakan tidak akan penulis lupakan.
13. Anis dan Caca yang tidak pernah lelah menjadi pendengar yang baik saat penulis membutuhkan tempat untuk bercerita.

14. Kak PML atas banyaknya waktu yang sudah dikeluarkan untuk menemani penulis dan segala pengertian bahkan perhatian selama proses ini berlangsung.
15. Seluruh anggota "Musuh Bambang" atau para penghuni kost ungu, terima kasih telah memberikan banyak kenangan indah selama penulis tinggal di lingkungan tersebut.
16. Milky, motor putih kesayangan yang selalu menemani perjalanan penulis selama di Yogyakarta ini.
17. Terakhir semua pihak yang penulis tidak bisa sebutkan satu-persatu, semoga dimudahkan segala urusannya.

Penulis sangat menyadari tidak ada yang sempurna di dunia ini. Oleh karena itu segala bentuk saran, kritik atas skripsi ini penulis menerimanya dengan senang hati. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat khususnya bagi penulis dan semua kalangan yang membutuhkan untuk dijadikan referensi dalam menulis. Akhir kata semoga Allah SWT melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, *Aamiin*.

Yogyakarta, 08 Desember 2025

Edia Hestiningtias

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMBANG	xvi
INTISARI	xvii
ABSTRACT	.xviii
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Tinjauan Pustaka	4
1.7. Sistematika Penulisan	8
II LANDASAN TEORI	10
2.1. Matriks	10

2.1.1.	Jenis-jenis Matriks	10
2.1.2.	Operasi Matriks	13
2.2.	Statistik	18
2.2.1.	Analisis Univariat	18
2.2.2.	Analisis Multivariat	18
2.3.	Variabel Acak	19
2.3.1.	Variabel Acak Diskrit	19
2.3.2.	Variabel Acak Kontinu	19
2.4.	Ekspektasi dan Variansi	20
2.4.1.	Ekspektasi Distribusi Peluang	20
2.4.2.	Variansi Distribusi Peluang	20
2.5.	Analisis Regresi Linear	21
2.6.	Metode <i>Ordinary Least Square</i> (OLS)	23
2.7.	Uji Asumsi Klasik Analisis Regresi Linear	24
2.7.1.	Asumsi Homoskedastisitas	24
2.7.2.	Uji Normalitas	25
2.7.3.	Uji Multikolinearitas	26
2.7.4.	Uji Tidak Ada Autokorelasi	26
2.8.	Data Pencilan (<i>Outlier</i>)	27
2.9.	Identifikasi Data Pencilan (<i>Outlier</i>)	28
2.9.1.	Metode Leverage	28
2.9.2.	Metode DfFITS (Difference fitted Value FITS)	29
2.9.3.	Metode R-Student	30
2.9.4.	Metode <i>Cook's Distance</i>	31
2.10.	Regresi <i>Robust</i>	32
2.11.	Indeks Pembangunan Manusia	33

2.11.1. Harapan Lama Sekolah	33
2.11.2. Rata-rata Lama Sekolah	34
2.11.3. Angka Harapan Hidup (AHH)	34
2.11.4. Pengeluaran Riil Perkapita	34
III METODE PENELITIAN	36
3.1. Jenis dan Sumber Data	36
3.2. Metode Pengumpulan Data	36
3.3. Variabel Penelitian	36
3.4. Alat Pengolahan Data	37
3.5. Metode Analisis Data	37
3.6. Flowchart Alur Penelitian	38
Flowchart	38
IV PEMBAHASAN	39
4.1. Estimasi M	39
4.2. Estimasi <i>Least Trimmed Square</i> (LTS)	42
4.3. <i>Breakdown Point</i>	44
4.4. Pembobot Tukey bisquare	44
4.5. Uji Kecocokan Model	46
4.5.1. Koefisien Determinasi	46
4.5.2. <i>Residual Standard Error</i> (RSE)	47
V STUDI KASUS	48
5.1. Studi Kasus	48
5.2. Analisis Deskriptif	48
5.3. Analisis Regresi Metode OLS	49
5.4. Asumsi Klasik Model Analisis Regresi Linear	51
5.4.1. Asumsi Homoskedastisitas	51

5.4.2. Asumsi Normalitas	52
5.4.3. Asumsi Multikolinearitas	53
5.4.4. Asumsi Tidak Ada Autokorelasi	53
5.4.5. Deteksi Outlier	54
5.5. Regresi <i>Robust</i> Estimasi M Pembobot Tukey Bisquare	56
5.6. Regresi <i>Robust</i> Estimasi LTS	58
5.7. Pemilihan Model Estimasi Terbaik	60
VI PENUTUP	63
6.1. Kesimpulan	63
6.2. Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	69
A Data Penelitian	69
B Source Code Program R	71
C Biodata Penulis	75

DAFTAR TABEL

1.1	Tinjauan Pustaka	7
5.1	Hasil Estimasi Persamaan OLS dan Keputusan Signifikansi	50
5.2	Nilai RSE dan R^2 untuk OLS	51
5.3	Hasil Uji Asumsi Homoskedastisitas	52
5.4	Hasil Uji Asumsi Normalitas	52
5.5	Hasil Uji VIF	53
5.6	Uji Autokorelasi Durbin–Watson	54
5.7	Ringkasan Outlier Berdasarkan Leverage, DFFITS, Cook’s Distance, dan R-Student	55
5.8	Model Estimasi M Pembobot Tukey Bisquare	57
5.9	Nilai RSE dan R^2 untuk Estimasi M	58
5.10	Model Estimasi LTS	59
5.11	Nilai RSE dan R^2 untuk Estimasi LTS	60
5.12	Perbandingan RSE Pada Ketiga Metode	61

DAFTAR GAMBAR

5.1	Boxplot data IPM dan faktor-faktor yang mempengaruhinya di Provinsi Jawa Tengah	49
-----	---	----



DAFTAR LAMBANG

β_0	= konstanta regresi
β_k	= koefisien regresi untuk variabel independen ke- k
e_i	= residual observasi ke- i
h_{ii}	= nilai leverage observasi ke- i
DFFITS_i	= nilai DFFITS observasi ke- i
D_i	= nilai Cook's Distance observasi ke- i
t_i	= nilai R-Student observasi ke- i
$2\sqrt{\frac{p}{n}}$	= batas kritis DFFITS
$\frac{4}{n}$	= batas kritis Cook's Distance
$\frac{2p}{n}$	= batas kritis leverage
$ t_i > 2$	= batas kritis R-Student
$\rho(e_i)$	= fungsi rugi (loss function) Estimasi M
$\psi(e_i)$	= fungsi pembobot Tukey Bisquare
w_i	= bobot observasi ke- i pada Estimasi M
$\hat{\beta}_M$	= estimasi parameter metode M
$\hat{\beta}_{LTS}$	= estimasi parameter metode LTS
R^2	= koefisien determinasi
\bar{R}^2	= adjusted R^2
n	= jumlah observasi
p	= jumlah variabel independen

INTISARI

PERBANDINGAN METODE REGRESI ROBUST ESTIMASI M DENGAN PEMBOBOT TUKEY BISQUARE DAN ESTIMASI LTS DALAM MENGATASI OUTLIER

(Studi Kasus: Faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Jawa
Tengah pada Tahun 2024)

EDIA HESTININGTAS

21106010068

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas metode regresi *robust* dalam menangani pencilan (*outlier*) pada pemodelan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di provinsi Jawa Tengah tahun 2024. Variabel dependen yang digunakan adalah IPM (Y) dengan variabel independen meliputi Harapan Lama Sekolah (X_1), Rata-rata Lama Sekolah (X_2), Angka Harapan Hidup (X_3), dan Pengeluaran Riil Perkapita (X_4) berdasarkan Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah tahun 2024. Analisis dilakukan menggunakan Metode Kuadrat Terkecil (OLS), Estimasi M dengan pembobot Tukey Bisquare, dan Estimasi Least Trimmed Squares (LTS), setelah sebelumnya diuji asumsi klasik dan dilakukan deteksi outlier menggunakan leverage, DFFITS, Cook's Distance, dan R-Student. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode OLS memiliki nilai Residual Standard Error (RSE) terbesar sebesar 0,1443, sedangkan Estimasi M dengan pembobot Tukey Bisquare menghasilkan RSE lebih kecil yaitu 0,1171. Metode LTS memberikan performa terbaik dengan nilai RSE terkecil sebesar 0,05997 dan nilai determinasi tertinggi sebesar 0,9996. Dengan demikian, metode LTS merupakan metode paling optimal dalam mengatasi pencilan pada data IPM dan menghasilkan model regresi yang lebih stabil serta akurat.

Kata kunci: regresi *robust*, Estimasi M, Estimasi LTS, pencilan, IPM

ABSTRACT

COMPARISON OF ROBUST REGRESSION METHODS: M-ESTIMATION WITH TUKEY BISQUARE WEIGHTING AND LTS ESTIMATION IN HANDLING OUTLIERS

(Case Study: Factors Affecting the Human Development Index in Central Java in
2024)

EDIA HESTININGTAS

21106010068

This study aims to analyze the effectiveness of robust regression methods in handling outliers in modeling the Human Development Index (HDI) in Central Java Province in 2024. The dependent variable used is the HDI (Y), while the independent variables include Expected Years of Schooling (X_1), Mean Years of Schooling (X_2), Life Expectancy at Birth (X_3), and Real Per Capita Expenditure (X_4), based on regency and city data in Central Java Province in 2024. The analysis was conducted using the Ordinary Least Squares (OLS) method, M-estimation with Tukey Bisquare weighting, and the Least Trimmed Squares (LTS) estimation, following classical assumption testing and outlier detection using leverage, DFFITS, Cook's Distance, and R-Student. The results indicate that the OLS method produces the largest Residual Standard Error (RSE) of 0,1443, while M-estimation with Tukey Bisquare weighting yields a smaller RSE of 0,1171. The LTS method demonstrates the best performance, with the smallest RSE of 0,05997 and the highest coefficient of determination of 0,9996. Therefore, the LTS method is the most optimal approach for addressing outliers in HDI data and produces a more stable and accurate regression model.

Keywords: *robust* regression, M-Estimation, LTS, outliers, HDI

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Analisis regresi merupakan metode statistik yang digunakan untuk membentuk suatu hubungan fungsional antara satu atau lebih variabel independen dengan variabel dependen. Istilah regresi pertama kali diperkenalkan oleh Sir Francis Galton pada tahun 1886. Secara umum, analisis regresi bertujuan untuk mengetahui pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Berdasarkan jumlah variabel independennya, analisis regresi dibedakan menjadi regresi linier sederhana dan regresi linier berganda, di mana regresi linier sederhana hanya melibatkan satu variabel independen, sedangkan regresi linier berganda melibatkan lebih dari satu variabel independen (Galton, 1886).

Metode regresi yang umum digunakan adalah Metode Kuadrat Terkecil (*Ordinary Least Squares/OLS*). Metode ini mengestimasi parameter regresi dengan meminimumkan jumlah kuadrat residual. Namun, OLS memiliki beberapa asumsi klasik yang harus dipenuhi, antara lain asumsi normalitas, tidak adanya multikolinearitas, homoskedastisitas, dan tidak adanya autokorelasi. Pelanggaran terhadap asumsi-asumsi tersebut, khususnya akibat keberadaan data pencilan (*outlier*), dapat menyebabkan hasil estimasi menjadi tidak stabil dan kurang akurat.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dikembangkan metode regresi robust. Metode *robust* pertama kali diperkenalkan oleh Peter J. Huber (1964) (Huber, 1973). Regresi robust dirancang untuk menghasilkan estimasi parameter yang stabil

dan tidak sensitif terhadap keberadaan outlier (Huber, 1973). Dalam regresi robust terdapat beberapa metode estimasi, antara lain Least Median of Squares (LMS), *Least Trimmed Squares* (LTS), Estimasi M, Estimasi S, dan Estimasi MM. Estimasi M menggunakan Metode Kuadrat Terkecil (OLS) untuk mengestimasi parameter regresi dengan cara meminimalkan jumlah kuadrat residual, sehingga menghasilkan estimasi parameter yang lebih tepat. Sementara itu, metode estimasi LTS (*Least Trimmed Squares*) dikembangkan untuk mengurangi dampak data pencilan dalam proses estimasi. Dalam metode ini, hanya sebagian residu terkecil yang dipertimbangkan, dengan mengabaikan nilai-nilai yang ekstrem agar hasil estimasi tidak terpengaruh oleh data yang tidak mewakili populasi secara umum.

Salah satu konsep penting dalam regresi robust adalah breakdown point, yaitu proporsi maksimum data pencilan yang masih dapat ditoleransi oleh suatu metode estimasi sebelum menghasilkan estimasi yang tidak dapat diandalkan. Estimasi LTS memiliki nilai breakdown point hingga 50%, sehingga metode ini sangat toleran terhadap keberadaan outlier dan mampu menghasilkan estimasi yang stabil. Sementara itu, Estimasi M merupakan metode yang paling umum digunakan karena memiliki efisiensi yang tinggi dan mampu mengurangi pengaruh outlier melalui fungsi pembobot tertentu, salah satunya adalah pembobot Tukey Bisquare (Perihatini et al., 2018).

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) merupakan indikator yang penting untuk menilai kualitas hidup di suatu daerah/wilayah. Dalam penelitian ini, analisis regresi digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi IPM. Aspek pendidikan diwakili oleh, Harapan Lama Sekolah, dan Rata-rata Lama Sekolah, yang berperan penting mencerminkan pendidikan dan kualitas sumber daya manusia. Aspek Kesehatan dipresentasikan oleh Angka Harapan Hidup, yang me-

nunjukkan kualitas kesehatan masyarakat. Sementara aspek Ekonomi dipresentasikan oleh Pengeluaran Riil Perkapita yang menggambarkan kemampuan daya beli dan tingkat ekonomi penduduk. Komponen pembangunan manusia saling berkaitan dan memengaruhi satu sama lain, sehingga berpotensi menimbulkan multikolinearitas dalam pemodelan regresi. Selain itu, data pencilan yang muncul dalam pengamatan dapat memengaruhi keakuratan estimasi parameter. Oleh karena itu, diperlukan metode analisis yang mampu menghasilkan estimasi yang stabil dan tidak sensitif terhadap outlier.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode regresi *robust*, Estimasi M dengan pembobot Tukey Bisquare dan Estimasi LTS dalam menganalisis hubungan dari IPM dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Nilai Residual Standard Error (RSE), digunakan untuk menilai keefektifitasan masing-masing metode dalam menghasilkan metode yang stabil dan sesuai, terutama ketika data mengandung *outlier*.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana perbandingan hasil estimasi regresi *robust* menggunakan Estimasi M dan Estimasi *Least Trimmed Squares* (LTS) dalam mengatasi adanya pencilan data (*outlier*)?
2. Metode manakah yang lebih baik untuk mengatasi pencilan data (*outlier*)?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dibutuhkan untuk menghindari kesalahpahaman pada tujuan awal penelitian. Dalam penelitian ini penulis memberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pencilan data dengan menggunakan Metode Regresi *Robust* Estimasi M pembobot Tukey Bisquare dan Estimasi *LTS*.
2. *Software* yang digunakan adalah *R-Studio* versi 4.5.1

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk membandingkan hasil estimasi regresi robust antara Estimasi M dan Estimasi *Least Trimmed Squares* (*LTS*) pada pencilan data (*outlier*).
2. Untuk membandingkan efektivitas metode Estimasi M dan Estimasi *LTS* dalam mengatasi pengaruh pencilan pada analisis regresi, serta menentukan metode yang memberikan hasil estimasi parameter regresi yang lebih robust dan akurat terhadap data yang mengandung pencilan data (*outlier*).

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa pemahaman yang lebih mendalam mengenai regresi *robust*, yang khususnya Estimasi M dan Estimasi *LTS* dalam menangani data pencilan. Pembaca juga dapat menambah wawasan pengetahuan yang lebih luas serta dapat dijadikan sebagai referensi di kemudian hari.

1.6. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka dalam penelitian ini berperan sebagai landasan teoritis yang mendasari pelaksanaan penelitian serta menjadi acuan dalam memahami dan menganalisis hubungan antar variabel yang diteliti. Selain itu, kajian pustaka ini bertujuan untuk menghindari terjadinya duplikasi dalam penulisan karya ilmiah de-

ngan merujuk pada penelitian-penelitian terdahulu yang relevan. Adapun uraian tinjauan pustaka yang menjadi dasar penyusunan tugas akhir ini disajikan sebagai berikut:

1. (Muamalah et al., 2024) Membahas perbandingan model regresi robust menggunakan tiga metode estimasi, yaitu estimasi *Method of Moment* (MM), estimasi M (*Maximum Likelihood Type*), dan estimasi *Least Trimmed Square* (LTS), dengan studi kasus pada data produksi padi di Kecamatan Sekaran, Kabupaten Lamongan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari ketiga metode yang digunakan, regresi robust estimasi LTS memberikan hasil terbaik dalam memodelkan data yang mengandung outlier.
2. (Azizah & Wachidah, 2022) Regresi robust Estimasi M digunakan sebagai solusi atas permasalahan pencilan (outlier) yang menyebabkan pelanggaran asumsi klasik regresi, khususnya normalitas, pada data tingkat pengangguran di Indonesia tahun 2020. Metode ini menggunakan dua jenis pembobot, yaitu Huber dan Tukey Bisquare. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembobot Tukey Bisquare menghasilkan model regresi yang lebih baik dibandingkan Huber, ditunjukkan oleh nilai Adjusted R-square yang lebih tinggi (45,88%) dan nilai Residual Standard Error (RSE) yang lebih kecil (1,214). Oleh karena itu, regresi robust Estimasi M dengan pembobot Tukey Bisquare dianggap lebih efektif dalam memodelkan hubungan antara tingkat pengangguran terbuka dengan variabel upah minimum provinsi dan jumlah angkatan kerja, terutama dalam kondisi data yang tidak memenuhi asumsi normalitas.
3. (SETYOWATI et al., 2021) Membahas perbandingan antara metode regresi *robust* yaitu metode *Least Trimmed Square* (LTS) dan Estimasi S untuk data produksi padi Kabupaten Blitar. Penelitian ini menggunakan 7 variabel

independen. Hasil dari penelitian ini adalah metode LTS lebih baik dalam mengatasi data pencilan (*outlier*) dibandingkan dengan dengan Estimasi S.

4. (Rohmah et al., 2020) Membahas perbandingan antara metode *Least Trimmed Square* (LTS) dan Estimasi M. Kedua metode ini dibandingkan untuk menentukan mana yang memberikan estimasi terbaik terhadap jumlah kasus tuberkulosis di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode LTS lebih baik.
5. (Rahman & Widodo, 2018) Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan ketiga metode estimasi (Estimasi M, Estimasi LTS, dan Estimasi MM) dalam konteks produksi jagung di Indonesia, dengan fokus pada nilai residual standard error dan adjusted R-square sebagai kriteria evaluasi. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih baik mengenai metode estimasi yang paling tepat untuk data yang terpengaruh oleh pencilan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode S lebih baik dengan nilai RSE paling kecil.

Tabel 1.1 Tinjauan Pustaka

No	Penulis	Metode Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	Muamalah, A. F., Ngastiti, P. T. B., & Isro'il, A. (2024)	Estimasi <i>Method of Moment</i> (MM), estimasi M (<i>Maximum Likelihood Type</i>), dan estimasi <i>Least Trimmed Square</i> (LTS)	Perbandingan sama-sama menggunakan Estimasi M dan Estimasi LTS	Membandingkan Estimasi LTS dan Estimasi M pada regresi <i>robust</i> dengan menggunakan pembobot Tukey Bisquare
2.	Zizah, R. J. & Wachidah, L. (2022)	Regresi robust Estimasi M pembobot <i>Huber & Tukey Bisquare</i>	Sama-sama menggunakan Estimasi M dan pembobot Tukey Bisquare	Membandingkan Estimasi LTS dan Estimasi M pada regresi <i>robust</i> dengan menggunakan pembobot Tukey Bisquare
3.	Setyowati, E., Akbarita, R., & Robby, R. (2021)	Estimasi <i>Least Trimmed Square</i> (LTS) dan Estimasi S	Perbandingan sama-sama menggunakan Estimasi LTS	Membandingkan Estimasi LTS dan Estimasi M pada regresi <i>robust</i> dengan menggunakan pembobot Tukey Bisquare

No	Penulis	Metode Penelitian	Persamaan	Perbedaan
4.	Rohmah, D., Susanti, Y., & Zukhronah, E. (2020)	Estimasi <i>Least Trimmed Square</i> (LTS) dan Estimasi S, dan estimasi <i>Least Trimmed Square</i> (LTS)	Perbandingan sama-sama menggunakan Estimasi M dan Estimasi LTS	Membandingkan Estimasi LTS dan Estimasi M pada regresi <i>robust</i> dengan menggunakan pembobot Tukey Bisquare
5.	Rahman, M. B. & Widodo, E. (2018)	Estimasi M, Estimasi LTS, dan Estimasi MM	Sama-sama menggunakan Estimasi M dan Estimasi LTS	Membandingkan Estimasi LTS dan Estimasi M pada regresi <i>robust</i> dengan menggunakan pembobot Tukey Bisquare

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika pada penelitian ini yaitu:

BAB I : Bab ini membahas tentang latar belakang masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan pustaka, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : Bab ini membahas tentang dasar-dasar dari teori yang akan digunakan sebagai penunjang, alat bantu dan penguat dalam penelitian terkait analisis regresi *robust*. estimasi M dan estimasi LTS.

- BAB III** : Bab ini membahas tentang cara memperoleh sumber data, mengolah metode yang digunakan, serta analisis yang digunakan.
- BAB IV** : Bab ini berisi tentang metode analisis yang akan diteliti.
- BAB V** : Bab ini berisikan penerapan regresi *robust* menggunakan estimasi M dan estimasi LTS dengan pembobot Tukey Bisquare.
- BAB VI** : Bab ini berisikan tentang kesimpulan penelitian dan saran dari penulis terhadap pengembangan penelitian.

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji asumsi klasik menunjukkan bahwa model regresi memenuhi asumsi normalitas, homoskedastisitas, dan tidak adanya autokorelasi, namun ditemukan multikolinearitas pada beberapa variabel. Deteksi *outlier* menunjukkan adanya beberapa observasi yang berpengaruh kuat sehingga diperlukan metode estimasi robust. Estimasi M dengan pembobot Tukey Bisquare dan Estimasi LTS menunjukkan kemampuan yang baik dalam mendeteksi dan mengatasi *outlier*. Estimasi LTS terbukti lebih unggul dalam menangani data dengan banyak *outlier*, sedangkan Estimasi M cocok untuk data dengan jumlah *outier* sedang.
2. Perbandingan nilai RSE menunjukkan bahwa metode LTS memiliki nilai RSE paling kecil 0,05997 dibandingkan OLS 0,1443 dan Estimasi M Tukey Bisquare 0,1171. Dengan demikian, metode LTS menjadi model estimasi terbaik dengan persamaan:

$$\hat{Y} = 4,8439 + 1,1353X_1 + 0,4690X_2 + 0,4609X_3 + 0,7845X_4.$$

Variabel seperti Harapan Lama Sekolah, Rata-rata Lama Sekolah, Angka Harapan Hidup, dan Pengeluaran Riil Perkapita memiliki pengaruh signifikan

terhadap Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Analisis regresi *robust* berhasil mengidentifikasi hubungan dari faktor-faktor tersebut.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar penelitian selanjutnya menggunakan jumlah sampel yang lebih besar untuk memperoleh hasil estimasi yang lebih stabil. Peneliti juga dapat mempertimbangkan penggunaan metode robust lainnya, seperti Estimasi MM atau Estimasi S, untuk membandingkan performa model dalam kondisi data yang mengandung outlier. Selain itu, penambahan variabel independen lain yang relevan sangat dianjurkan agar model yang dihasilkan lebih komprehensif. Analisis lanjutan juga dapat melibatkan visualisasi residual dan grafik diagnostik lainnya untuk memahami pola data secara lebih mendalam serta meningkatkan kualitas pemodelan.

DAFTAR PUSTAKA

- Algifari, A. (2000). Analisis regresi, teori, kasus dan solusi. *Penerbit BPFE Yogyakarta*.
- Anton, H., Susila, I. N., Hutahuruk, R., & Silaban, P. (1995). *Aljabar linear elementer*. Erlangga.
- Azizah, R. J. & Wachidah, L. (2022). Regresi robust estimasi-m dengan pembobot huber dan tukey bisquare pada data tingkat pengangguran di indonesia menurut provinsi tahun 2020. In *Bandung Conference Series: Statistics*, volume 2, pages 18–26.
- Chatterjee, S. & Hadi, A. S. (1986). Influential observations, high leverage points, and outliers in linear regression. *Statistical science*, pages 379–393.
- Chen, C. (2002). Paper 265-27 robust regression and outlier detection with the robustreg procedure. In *Proceedings of the Proceedings of the Twenty-Seventh Annual SAS Users Group International Conference*. Citeseer.
- Draper, N. R., Smith, H., & Sumantri, B. (1992). *Analisis regresi terapan*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Galton, F. (1886). I. family likeness in stature. *Proceedings of the Royal Society of London*, 40(242-245):42–73.
- Ghozali, I. (2006). *Aplikasi analisis multivariate dengan program SPSS*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro.

- Huber, P. J. (1973). Robust regression: asymptotics, conjectures and monte carlo. *The annals of statistics*, pages 799–821.
- Kurniawati, L. D. (2011). Kekekaran regresi linier ganda dengan estimasi mm (method of moment) dalam mengatasi pencilan. *Skripsi. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta*.
- Kurtner, M., Nachtsheim, C., & Neter, J. (2004). Applied linier regression models. new york: Mc grawn hill comparies.
- Manurung, E. N. & Hutabarat, F. (2021). Pengaruh angka harapan lama sekolah, rata-rata lama sekolah, pengeluaran per kapita terhadap indeks pembangunan manusia. *Jurnal Ilmiah Akuntansi Manajemen*, 4(2):121–129.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (1982). Multicollinearity. *Introduction to linear regression analysis*, pages 299–300.
- Muamalah, A. F., Ngastiti, P. T. B., & Isro'il, A. (2024). Perbandingan hasil model regresi robust estimasi m (method of moment), estimasi m (maximum likelihood type), dan estimasi lts (least trimmed square) pada produksi padi di kecamatan sekaran. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 12(3):540–548.
- Muda, R., Koleangan, R. A., & Kalangi, J. B. (2019). Pengaruh angka harapan hidup, tingkat pendidikan dan pengeluaran perkapita terhadap pertumbuhan ekonomi di sulawesi utara pada tahun 2003-2017. *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi*, 19(01).
- Perihatini, D. I. et al. (2018). Perbandingan metode estimasi lts, estimasi m, dan estimasi s pada regresi robust (studi kasus: Pembiayaan mobil pada perusahaan 'x'tahun 2016).

- Rahman, M. B. & Widodo, E. (2018). Perbandingan metode regresi robust estimasi least trimmed square, estimasi scale, dan estimasi method of moment. In *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, volume 1, pages 426–433.
- Rohmah, D., Susanti, Y., & Zukhronah, E. (2020). Perbandingan model regresi robust estimasi m dan estimasi least trimmed squares (lts) pada jumlah kasus tuberkulosis di indonesia. *Kontinu: Jurnal Penelitian Didaktik Matematika*, 4(2):136–146.
- Rousseeuw, P. & Yohai, V. (1984). Robust regression by means of s-estimators. In *Robust and nonlinear time series analysis: Proceedings of a Workshop Organized by the Sonderforschungsbereich 123 "Stochastische Mathematische Modelle", Heidelberg 1983*, pages 256–272. Springer.
- Rousseeuw, P. J. (1984). Least median of squares regression. *Journal of the American statistical association*, 79(388):871–880.
- Rousseeuw, P. J. & Leroy, A. M. (1988). A robust scale estimator based on the shortest half. *Statistica Neerlandica*, 42(2):103–116.
- SETYOWATI, E., AKBARITA, R., & ROBBY, R. R. (2021). Perbandingan regresi robust metode least trimmed square (lts) dan metode estimasi-s pada produksi padi di kabupaten blitar. *Jurnal Matematika UNAND*, 10(3):329–341.
- Sihombing, S. O. (2022). *Pengantar metode analisis multivariat*. Penerbit NEM.
- Statistik, B. P. (2020). Indeks pembangunan manusia. Retrieved Februari, 18.
- Statistik, B. P. (2023a). *Indeks Pembangunan Manusia 2023*. Badan Pusat Statistik, Jakarta, <https://www.bps.go.id>.

Statistik, B. P. (2023b). Pengeluaran per kapita disesuaikan (aic) menurut provinsi, 2023. <https://www.bps.go.id>.

Walpole, R. E. & Myers, R. H. (1995). Ilmu peluang dan statistika untuk insinyur dan ilmuwan. *Bandung: Itb*, pages 149–150.

Yohai, R. A., Bullock, J. D., Aziz, A. A., & Markert, R. J. (1994). Survival factors in rhino-orbital-cerebral mucormycosis. *Survey of ophthalmology*, 39(1):3–22.