PENERAPAN METODE REGRESI *ROBUST* ESTIMASI-M DENGAN PEMBOBOTAN *HAMPEL* PADA ANALISIS PRODUKSI JAGUNG DI INDONESIA

MIRA ASMARA
NIM H1091211007

SKRIPSI

PROGRAM STUDI STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

PENERAPAN METODE REGRESI *ROBUST* ESTIMASI-M DENGAN PEMBOBOTAN *HAMPEL* PADA ANALISIS PRODUKSI JAGUNG DI INDONESIA

MIRA ASMARA
H1091211007

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Statistika pada Program Studi Statistika

PROGRAM STUDI STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	:	Penerapan Metode Regresi *Robust* Estimasi-M dengan Pembobotan *Hampel* Pada Analisis Produksi Jagung di Indonesia
Nama Mahasiswa	:	Mira Asmara
NIM	:	H1091211007
Jurusan/Program Studi	:	Matematika/Statistika
Tanggal Lulus	:	25 Juli 2025
SK Pembimbing	:	No. 2586/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal 2 September 2024
SK Penguji	:	No. 2283/UN22.8/TD.06/2025/Tanggal 18 Juli 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Nurfitri Imro'ah, M.Si.	Shantika Martha, M.Si.
NIP 198907182019032021	NIP 198403082008122003

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Dr. Evy Sulistianingsih, M.Sc.	Neva Satyahadewi, M.Sc.,CRA.,CRP.,CRMP.
NIP 198502172008122006	NIP 198212042005012001

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Nurfitri Imro'ah, M.Si.	Shantika Martha, M.Si.
NIP 198907182019032021	NIP 198403082008122003

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusnizal, M.Si.
NIP 197108022000031001

Dipindai dengan CamScanner

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Mira Asmara
NIM	: H1091211007
Program Studi/ Jurusan	: Statistika/ Matematika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyatan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 25 Juli 2025



Mira Asmara
H1091211007

Dipindai dengan CamScanner

Penerapan Metode Regresi *Robust* Estimasi-M Dengan Pembobotan *Hampel* Pada Analisis Produksi Jagung di Indonesia

Abstrak

Analisis regresi digunakan untuk membangun hubungan antara satu variabel terikat (Y) dan satu atau lebih variabel bebas (X) dalam model matematika. Metode yang sering digunakan untuk mengestimasi parameter adalah Metode Kuadrat Terkecil (MKT). Namun, keberadaan pencilan membuat metode ini kurang efektif, sehingga hasil estimasi parameter menjadi tidak akurat. Regresi *robust* adalah metode alternatif untuk mengestimasi parameter ketika terdapat pencilan. Dalam penelitian ini digunakan metode estimasi-M dengan pembobot *Hampel* sebagai solusi terhadap masalah pencilan. Tujuan penelitian ini adalah menerapkan regresi *robust* estimasi-M pada data produksi jagung di Indonesia berdasarkan data BPS tahun 2023 dari 34 provinsi. Pemilihan variabel jumlah curah hujan (X_1) dan jumlah pupuk (X_2) didasarkan pada pentingnya kedua faktor tersebut dalam mempengaruhi tingkat produksi jagung di sektor pertanian. Jagung dipilih sebagai objek penelitian karena merupakan salah satu komoditas pertanian utama yang berperan dalam ketahanan pangan dan industri pakan ternak di Indonesia. Pencilan dalam data diidentifikasi menggunakan *boxplot* dan nilai DFFITS, yang menunjukkan adanya pencilan, sehingga digunakan regresi robust estimasi-M dengan pembobotan *Hampel*. Berdasarkan model yang dihasilkan menunjukan bahwa kenaikan 1 mm curah hujan per tahun diperkirakan akan meningkatkan produksi jagung sebesar 28,0696 ton, sedangkan kenaikan 1 kg pupuk diperkirakan akan meningkatkan produksi jagung sebesar 0,6830 ton. Model ini memiliki *adjusted R-Square* sebesar 98,98% dan *standard error* sebesar 91600, sehingga menghasilkan estimasi yang lebih stabil.

Kata Kunci: Pencilan, Produksi Jagung, *Hampel*.

Application of Robust Regression Using M-Estimation with Hampel Weighting in the Analysis of Corn Production in Indonesia

Abstract

Regression analysis is used to establish the relationship between a dependent variable (Y) and one or more independent variables (X) within a mathematical model. The most commonly used method for estimating parameters is Ordinary Least Squares (OLS) method. However, the presence of outliers makes this method less effective, resulting in inaccurate parameter estimates. Robust regression is an alternative method used to estimate parameters when outliers are present. This study applies M-estimation with Hampel weighting as a solution to the outlier problem. The aim of this research is to implement robust regression with M-estimation on maize production data in Indonesia, based on 2023 data from the Central Statistics Agency (BPS) covering 34 provinces. The selection of rainfall amount (X_1) and fertilizer amount (X_2) as variables is based on their importance in influencing maize production levels in the agricultural sector. Maize is chosen as the subject of the study because it is one of the primary agricultural commodities contributing to food security and the livestock feed industry in Indonesia. Outliers in the data were identified using boxplots and DFFITS values, which confirmed the presence of outliers, thus justifying the use of robust regression with Hampel weighting. The resulting model shows that an increase of 1 mm of annual rainfall is estimated to increase maize production by 28.0696 tons, while an increase of 1 kg of fertilizer is estimated to increase maize production by 0.6830 tons. The model has an adjusted R-squared value of 98.98% and a standard error of 91,600, indicating a more stable estimation.

Keywords: Outliers, Corn Production, *Hampel*.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas segala berkat, rahmat, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi. Skripsi yang berjudul "Penerapan Metode Regresi *Robust* Estimasi-M Dengan Pembobotan *Hampel* Pada Analisis Produksi Jagung di Indonesia" merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Statistika pada Program Studi Statistika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak.

Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan dan bimbingan dari beberapa pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas izin, rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.
2. Cinta pertama dan surgaku, Ayahnda Abang Endang Asmara dan Ibunda Nurjanah. Mereka memang tidak sempat merasakan Pendidikan hingga bangku perkuliahan, namun dengan kerja keras, doa, dan semangat yang selalu mereka berikan membuat penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Abang dan kakak tersayang yang senantiasa memberikan doa, motivasi, dan fasilitas kepada penulis sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini.
4. Ibu Nurfitri Imro'ah, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan arahan dan motivasi untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Ibu Shantika Martha, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Kedua yang juga telah memberikan arahan serta motivasi untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.
6. Ibu Dr. Evy Sulistianingsih, M.Sc. selaku Dosen Penguji Pertama yang telah memberikan saran dan masukan untuk perbaikan skripsi ini sehingga menjadi lebih baik.
7. Ibu Neva Satyahadewi, M.Sc., CRA., CRP., CRMP. selaku Dosen Penguji Kedua yang telah memberikan saran dan masukan untuk perbaikan skripsi ini sehingga menjadi lebih baik.

8. Teman-teman Statistika Angkatan 2021 yang telah membersamai ketika perkuliahan terutama kepada Diva, Wina, Hana, dan Dhela yang senantiasa berjuang dari awal hingga akhir bersama penulis.
9. Putri, Gita, dan Roho, sahabat sekaligus teman seperjuangan yang selalu setia mendengarkan keluh kesah dan senantiasa memberi dukungan kepada penulis dalam setiap proses ini.
10. Tidak lupa kepada semua pihak yang telah membantu penulis dan tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis berharap skripsi ini bermanfaat bagi pembaca khususnya Mahasiswa Program Studi Statistika Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura. Kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan dari awal hingga akhir dalam penulisan skripsi ini.

Pontianak, 25 Juli 2025

Mira Asmara

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK ..... **iii**
Abstrak ..... **iv**
Abstract ..... **v**
PRAKATA ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **x**
DAFTAR TABEL ..... **xi**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xii**
DAFTAR SIMBOL ..... **xiii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Tinjauan Pustaka 3
1.6 Metodologi Penelitian 5
BAB II LANDASAN TEORI **8**
2.1 Regresi Linear Berganda 8
2.2 Metode Kuadrat Terkecil (MKT) 8
2.3 Pendeteksi Pencilan 10
1. Uji DFFITS 11
2. *Boxplot* 11
2.4 Uji Asumsi Klasik 13
2.4.1 Uji Normalitas 13
2.4.2 Uji Autokorelasi 14
2.4.3 Uji Heteroskedastisitas 14
2.4.4 Uji Multikolinearitas 15
BAB III REGRESI ROBUST ESTIMASI-M **16**

3.1 Regresi *Robust*.....16
3.2 Estimasi-M 17
3.3 Prosedur Estimasi-M Pembobotan Hampel 20
3.4 Uji Kelayakan Model 20
1. Uji Simultan (Uji F).....20
2. Uji Parsial (Uji T).....21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... 22
4.1 Pendeteksi Pencilan.....22
4.2 Statistik Deskriptif.....24
4.3 Estimasi Parameter Metode Kuadrat Kecil (MKT).....25
4.4 Uji Asumsi Klasik 26
4.4.1 Uji Normalitas.....26
4.4.2 Uji Autokorelasi 26
4.4.3 Uji Heteroskedastisitas 27
4.4.4 Uji Multikolinearitas 27
4.5 Estimasi Parameter Robust estimasi-M dengan Pembobotan Hampel....27
4.6 Uji Kecocokan Model.....32
4.7 Interpretasi Model 32
BAB V PENUTUP..... 33
5.1 Kesimpulan.....33
5.2 Saran.....33
DAFTAR PUSTAKA..... 34
LAMPIRAN..... 37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 *Flowchart* Penelitian..... 7
Gambar 2. 1 Skema identifikasi data *outlier* dengan *boxplot*..... 12
Gambar 4. 1 *Boxplot* masing-masing variabel..... 24

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kriteria Rentang Nilai *Durbin-Watson* (DW) 14
Tabel 4. 1 Nilai DFFITS 23
Tabel 4. 2 Statistik Deskriptif 24
Tabel 4. 3 Estimasi Parameter Metode Kuadrat Terkecil 25
Tabel 4. 4 Estimasi Parameter Regresi *Robust* Estimasi-M Pembobotan *Hampel* 31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Penelitian 37
Lampiran 2 Hasil Estimasi Parameter Menggunakan MKT 38
Lampiran 3 Hasil Uji Asumsi Klasik 38
Lampiran 4 Pendeteksi Pencilan 39
Lampiran 5 Hasil Estimasi Parameter *Robust* Estimasi-M Menggunakan Pembobotan *Hampel* 40
Lampiran 6 Tabel *Durbin-Watson* 41
Lampiran 7 Tabel *Chi-Square* 42

DAFTAR SIMBOL

Y_i	: Variabel terikat pengamatan ke-i dengan $i = 1,2, \dots, n$
X_i	: Variabel bebas pengamatan ke-i dengan $i = 1,2, \dots, n$
β_0	: Konstanta
$\beta_1, \beta_2, \cdots, \beta_k$	: Parameter atau koefisien regresi variabel ke-$1,2, \dots k$
$\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_k$	: Estimasi parameter regresi variabel ke-$1,2, \dots k$
n	: Banyaknya pengamatan
k	: Banyaknya variabel bebas
ε_i	: Galat (*error*) pengamatan ke-i dengan $i = 1,2, \dots, n$
σ^2	: Varians *error*
DW	: Statistik uji Durbin-Watson
R^2	: Koefisien determinasi
r_i	: *Studentized deleted* residual ke-i dengan $i = 1,2, \dots, n$
h_{ii}	: Elemen diagonal dari matriks hat (H)
$\rho(u)$	: Fungsi obyektif dalam estimasi-M
$\psi(u)$	: Fungsi pengaruh dalam estimasi-M
$w(u_i)$	: Fungsi pembobot ke-i dengan $i = 1,2, \dots, n$
$\hat{\beta}_M$	: Estimasi-M dari parameter regresi

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Regresi merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memahami hubungan antara variabel terikat dan variabel bebas. Metode regresi yang paling umum digunakan adalah Metode Kuadrat Terkecil (MKT), yang bertujuan untuk meminimalkan jumlah kuadrat selisih antara nilai prediksi dan nilai aktual (Yaziz et al., 2019). Namun, metode ini memiliki kelemahan utama, yaitu sangat sensitif terhadap keberadaan pencilan dalam data. Jika data tidak memenuhi asumsi klasik seperti normalitas residual, homogenitas variansi, dan tidak adanya autokorelasi, hasil estimasi menggunakan MKT dapat menjadi tidak akurat.

Regresi *robust* salah satu metode regresi yang dapat digunakan apabila terjadi pencilan yang menjadi penyebab asumsi pada model tidak terpenuhi (Akolo & Nadjamuddin, 2022). Regresi *robust* adalah alat ukur untuk mendeteksi pencilan pada variabel terikat maupun bebas. Regresi *robust* ini diharapkan dapat memberikan hasil yang resisten terhadap data pencilan (Nurdin et al., 2014). Regresi *robust* menjadi alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut, karena regresi *robust* bertujuan untuk menghasilkan estimasi parameter yang tetap stabil meskipun terdapat pencilan dalam data.

Terdapat lima metode regresi *robust* yaitu estimasi M (*Maximum Likelihood*), estimasi MM (*Method of Moment*), estimasi S (*Scale Estimation*), estimasi LMS (*Least Median of Square*), dan estimasi LTS (*Least Trimmed Square*). Salah satu metode regresi *robust* yang sering digunakan adalah estimasi-M, Estimasi M merupakan metode regresi *robust* yang sederhana secara teori maupun perhitungan dan paling umum digunakan.

Dalam analisis regresi *robust* estimasi-M, beberapa jenis pembobotan dapat diterapkan, seperti *Welsch, Tukey bisquare*, *Huber*, dan *Hampel*. Pembobot *Hampel* dipilih dalam penelitian ini karena kemampuannya dalam memberikan bobot, fungsi pembobot *Hampel* memberikan bobot nol terhadap nilai skala residual (Aprillyana, 2019). Dengan demikian, pendekatan ini dapat menghasilkan model regresi yang lebih stabil dan akurat meskipun terdapat pencilan dalam data.

Salah satu bidang yang membutuhkan analisis data yang akurat adalah sektor pertanian, khususnya dalam produksi jagung. Indonesia merupakan salah satu negara agraris terbesar di Asia Tenggara, dengan jagung sebagai salah satu komoditas utama yang memiliki peran strategis dalam sektor pertanian (Santoso et al., 2020). Jagung digunakan sebagai bahan pangan, pakan ternak, dan bahan baku industri (Salelua & Maryam, 2018). Seiring meningkatnya kebutuhan domestik akan jagung, pemerintah Indonesia telah meluncurkan berbagai program untuk meningkatkan produksi, seperti penyediaan subsidi pupuk, pengembangan varietas unggul, dan adopsi teknologi pertanian.

Dalam memahami faktor-faktor yang memengaruhi produksi jagung, analisis regresi digunakan untuk menilai hubungan antara variabel produksi jagung dengan faktor-faktor yang mempengaruhinya, seperti jumlah curah hujan dan jumlah pupuk. Curah hujan berperan dalam ketersediaan air untuk pertumbuhan tanaman, sedangkan jumlah pupuk meningkatkan unsur hara yang penting untuk tanaman. Namun, dalam analisis data produksi jagung, sering ditemukan pencilan yang dapat memengaruhi hasil analisis, baik akibat kesalahan pencatatan, variabilitas alam, maupun kondisi lingkungan ekstrim. Oleh karena itu, penerapan regresi *robust* dengan estimasi-M menggunakan pembobot *Hampel* menjadi solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan ini.

Penelitian ini menerapkan regresi *robust* estimasi-M dengan pembobot *Hampel*, analisis produksi jagung dapat memberikan hasil yang lebih stabil dan akurat, sehingga mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam sektor pertanian. Selain itu, pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam produksi jagung, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap ketahanan pangan nasional dan pembangunan ekonomi yang lebih baik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, pada penelitian ini terdapat rumusan masalah yang mencakup bagaimana analisis penerapan regresi *robust* estimasi-M dengan pembobotan *Hampel* pada data produksi jagung di Indonesia?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan regresi *robust* estimasi-M dengan pembobotan *Hampel* pada data produksi jagung di Indonesia.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah, maka diperlukan adanya batasan masalah. Dalam penelitian ini batasan masalah antara lain:

1. Data yang digunakan merupakan data yang mengandung pencilan.
2. Variabel yang digunakan yaitu produksi Jagung (Y), jumlah curah hujan (X_1), dan jumlah pupuk (X_2).

1.5 Tinjauan Pustaka

Regresi *robust* adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengestimasi parameter ketika terdapat data pencilan. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Wulandari, Susanti, dan Handajani (2018), fokus utama adalah pada estimasi parameter menggunakan metode regresi *robust* dengan pembobot *Fair*. Penelitian ini menggunakan studi kasus produksi jagung di Jawa Tengah. Berdasarkan analisis terdapat data pencilan sehingga diperlukan metode regresi *robust* untuk melakukan analisis. Jika data pencilan terdapat pada variabel terikat dan variabel bebas, maka regresi *robust* estimasi-M tepat digunakan. Tujuan penelitian ini adalah menerapkan regresi *robust* estimasi-M pada produksi jagung di Jawa Tengah. Hasil yang diperoleh model matematis yaitu $\hat{Y} = -15748{,}8 + 5{,}6X_1 - 4X_2 + 0{,}9X_3$, berdasarkan hasil uji parsial diperoleh variabel bebas yaitu luas panen berpengaruh signifikan terhadap produksi jagung di Jawa Tengah.

Penelitian tentang regresi *robust* estimasi *Least Trimmed Square* dan estimasi *Maximum Likelihood* (M) pada modelan IPM di Pulau Sulawesi yang dilakukan oleh Akolo dan Nadjamudin (2022). Penelitian tersebut menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi IPM di Pulau Sulawesi menggunakan model regresi *robust* estimasi *Least Trimmed Square* (LTS) dan estimasi M serta menjelaskan metode

terbaik dalam pemodelan IPM di Pulau Sulawesi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa Umur Harapan Hidup (UHH), Harapan Lama Sekolah (HLS), Rata-Rata Lama Sekolah (RLS) dan Pengeluaran rill per kapita (PPP) merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi IPM di Pulau Sulawesi. Model regresi *robust* dengan estimasi LTS merupakan model terbaik dalam pemodelan IPM di pulau Sulawesi dengan standar erornya sebesar 0,1513 dan *R-Square* sebesar 99,78%. Nilai *R-Square* yang sangat tinggi tersebut meunjukkan kemampuan dalam menjelaskan IPM sangat baik oleh variabel UHH, HLS, RLS dan PPP.

Puspitasari, Susanti, dan Handajani (2021) melakukan penelitian tentang model regresi *robust* untuk Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Jawa Timur dengan estimasi-M. Adapun tujuan dari penelitian tersebut yaitu untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi IPM yang diharapkan dapat meningkatkan IPM di wilayah lainnya. Data IPM yang digunakan diambil dari BPS Jawa Timur tahun 2019 dengan variabel bebas yang digunakan yaitu angka harapan hidup, rata-rata lama sekolah, harapan lama sekolah dan pendapatan per kapita, sedangkan variabel terikatnya IPM. Data tersebut terdapat pencilan sehingga dilakukan analisis regresi *robust* estimasi-M dengan menggunakan pembobot *Tukey Bisquare*. Hasil penelitian tersebut didapatkan nilai *R-Square* sebesar 99,91% dan variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap IPM.

Penelitian regresi *robust* estimasi-M dengan pembobot *Huber* dan *Tukey Bisquare* pada data tingkat pengangguran di Indonesia menurut provinsi tahun 2020 dari Azizah dan Wachidah (2022). Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan regresi *robust* estimasi-M dengan pembobot *Huber* dan *Tukey Bisquare* pada data tingkat pengangguran di Indonesia. Tingkat pengangguran terbuka sebagai variabel terikat, sedangkan variabel bebas yang digunakan yaitu upah minimum provinsi dan angkatan kerja. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa estimasi-M dengan pembobot *Tukey Bisquare* sebagai model regresi *robust* terbaik karena nilai *Adjusted R-Square* dari pembobot *Tukey Bisquare* lebih besar dari pembobot *Huber* (45,88% > 44,34%) dan nilai *Residual Standard Error* (RSE) pembobot *Tukey Bisquare* lebih kecil daripada pembobot *Huber* (1,214 < 1,345).

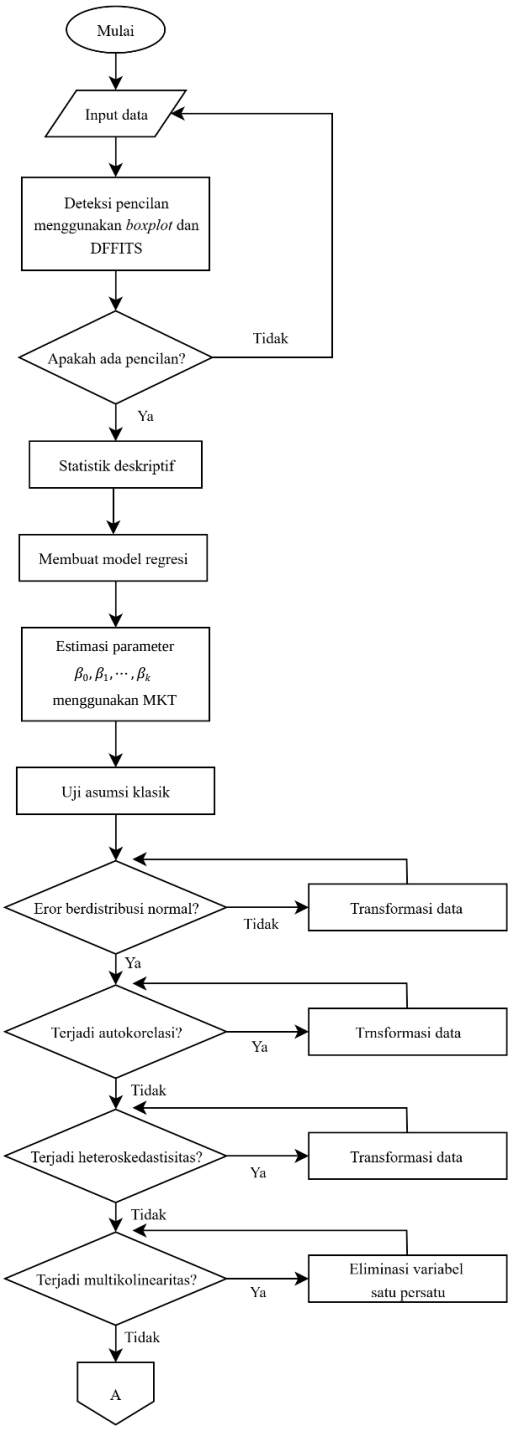
1.6 Metodologi Penelitian

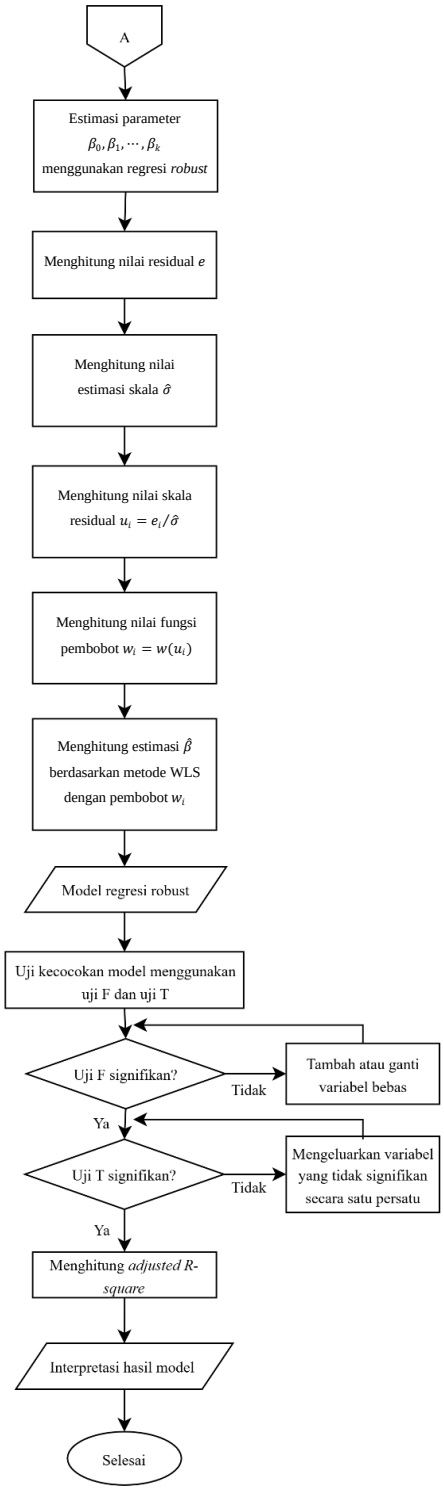
Penelitian ini menggunakan data produksi jagung di Indonesia per kabupaten/kota pada tahun 2023 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS). Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari variabel jumlah curah hujan (X_1) dan jumlah pupuk (X_2), sedangkan variabel terikat yang digunakan pada penelitian ini yakni produksi jagung (Y).

Analisis regresi *robust* dengan estimasi-M menggunakan pembobot *Hampel* dilakukan melalui beberapa tahapan. Pertama, estimasi parameter awal dilakukan menggunakan Metode Kuadrat Terkecil (MKT) untuk mendapatkan model regresi linear berganda. Selanjutnya, dilakukan uji asumsi klasik untuk memeriksa normalitas, multikolinieritas, homoskedastisitas, dan autokorelasi pada model awal. Setelah itu, deteksi pencilan dilakukan menggunakan metode DFFITS dan visualisasi *boxplot* untuk mengidentifikasi data pencilan yang dapat memengaruhi hasil analisis.

Setelah deteksi pencilan, dilakukan analisis regresi *robust* dengan estimasi-M menggunakan pembobot *Hampel*. Langkah-langkahnya meliputi perhitungan residual berdasarkan model awal, penghitungan skala awal untuk mengukur penyebaran residual menggunakan *Median Absolute Deviation* (MAD), dan penghitungan bobot menggunakan fungsi pembobot *Hampel*. Parameter regresi kemudian diperbarui menggunakan bobot yang telah dihitung berdasarkan metode *Weighted Least Square* (WLS), sehingga diperoleh $\hat{\beta}$ yang baru. Proses ini diulang hingga parameter model mencapai konvergen, yaitu ketika yaitu hasil iterasinya tidak berubah secara signifikan dari iterasi sebelumnya.

Dengan regresi robust, model yang dihasilkan menjadi lebih tahan terhadap pencilan. Setelah model *robust* selesai, uji kecocokan model dilakukan melalui uji F untuk menguji signifikansi secara simultan dan uji T untuk menguji signifikansi secara parsial variabel bebas terhadap variabel terikat. Hasil akhir model diinterpretasi untuk memahami pengaruh luas panen dan produktivitas jagung terhadap produksi jagung. Langkah-langkah analisis ini dirangkum dalam diagram alur pada Gambar 1.1 untuk memberikan gambaran proses yang lebih jelas.


Mulai
Input data
Deteksi pencilan menggunakan *boxplot* dan DFFITS
Apakah ada pencilan?
Tidak
Ya
Statistik deskriptif
Membuat model regresi
Estimasi parameter $\beta_0, \beta_1, \cdots, \beta_k$ menggunakan MKT
Uji asumsi klasik
Eror berdistribusi normal?
Tidak
Transformasi data
Ya
Terjadi autokorelasi?
Ya
Trnsformasi data
Tidak
Terjadi heteroskedastisitas?
Ya
Transformasi data
Tidak
Terjadi multikolinearitas?
Ya
Eliminasi variabel satu persatu
Tidak
A



Gambar 1. 1 *Flowchart* Penelitian