

**PERBANDINGAN MODEL REGRESI ROBUST
ESTIMASI MM (*METHOD OF MOMENT*) DAN
ESTIMASI LTS (*LEAST TRIMMED SQUARE*)
PADA PRODUKSI PADI DI JAWA TENGAH
TAHUN 2020**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika
dalam Ilmu Matematika



Oleh: **Bhamakerti Hafiz Kamaluddin**

NIM: 1808046012

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG

2023

**PERBANDINGAN MODEL REGRESI ROBUST
ESTIMASI MM (*METHOD OF MOMENT*) DAN
ESTIMASI LTS (*LEAST TRIMMED SQUARE*)
PADA PRODUKSI PADI DI JAWA TENGAH
TAHUN 2020**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika
dalam Ilmu Matematika

Oleh: **Bhamakerti Hafiz Kamaluddin**

NIM: 1808046012

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Bhamakerti Hafiz Kamaluddin

NIM : 1808046012

Jurusan : Matematika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Perbandingan Model Regresi Robust Estimasi MM (*Method Of Moment*) Dan Estimasi LTS (*Least Trimmed Square*) Pada Produksi Padi Di Jawa Tengah Tahun 2020**", secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 25 Januari 2023

Pembuat Pernyataan,



Bhamakerti Hafiz Kamaluddin

NIM: 1808046012

PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA R.I.
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus II Ngaliyan Semarang
Telp. 7601295 Fax. 7615387 Semarang 50185

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Perbandingan Model Regresi Robust Estimasi MM (*Method Of Moment*) Dan Estimasi LTS (*Least Trimmed Square*) Pada Produksi Padi Di Jawa Tengah Tahun 2020

Penulis : Bhamakerti Hafiz Kamaluddin

NIM : 1808046012

Jurusan : Matematika

Telah diujikan dalam sidang *tugas akhir* oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Matematika.

Semarang, 13 Maret 2023

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang,

Eva Khoirun Nisa, M.Si
NIP. 198701022019032010

Sekretaris Sidang,

Aini Fitriyah, M.Sc
NIP. 198909292019032021

Penguji Utama I,

Nadhifah, M.Si
NIP. 197508272003122003



Penguji Utama II,

Prihadi Kurniawan, M.Sc
NIP. 199012262019031012

Pembimbing I,

Dr. Hj. Minhayati Shaleh, S.Si, M.Sc
NIP. 197604262006042001

Pembimbing II,

Ariska Kurnia Rachmawati, M.Sc
NIP. 198908112019032019

NOTA PEMBIMBING

Semarang, 25 Januari 2023

Yth. Ketua Program Studi Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo

Assalamu'alaikum wr. wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Perbandingan Model Regresi Robust Estimasi MM (*Method Of Moment*)
Dan Estimasi LTS (*Least Trimmed Square*) Pada Produksi Padi Di Jawa
Tengah Tahun 2020
Nama : Bhamakerti Hafiz Kamaluddin
NIM : 1808046012
Jurusan : Matematika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosyah.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing I,



Dr. Hj. Minhayati Shaleh, S.Si, M.Sc
NIP. 19760426 200604 2 001

NOTA PEMBIMBING

Semarang, 25 Januari 2023

Yth. Ketua Program Studi Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Wallsongo

Assalamu'alaikum wr. wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Perbandingan Model Regresi Robust Estimasi MM (*Method Of Moment*)
Dan Estimasi LTS (*Least Trimmed Square*) Pada Produksi Padi Di Jawa
Tengah Tahun 2020
Nama : Bhamakerti Hafiz Kamaluddin
NIM : 1808046012
Jurusan : Matematika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosyah.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing II,



Ariska Kurnia Rachmawati, M.Sc
NIP.19890811 201903 2 019

ABSTRAK

Regresi linear berganda merupakan salah satu metode statistik yang digunakan untuk memodelkan dan menyelidiki hubungan antar satu variabel terikat dengan dua atau lebih variabel bebas. *Ordinary Least Squares* (OLS) merupakan metode yang sering digunakan untuk mengestimasi parameter model regresi. Namun metode ini mempunyai kelemahan ketika adanya *outlier* dalam data. Estimasi OLS bukan merupakan prosedur regresi yang kuat terhadap adanya *outlier*, sehingga estimasinya menjadi tidak sesuai meskipun hanya ada satu *outlier*. Regresi *robust* merupakan metode yang efisien untuk menganalisis data yang mengandung *outlier*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya *outlier* yang mengganggu persamaan regresi linear, mengetahui hasil penaksiran regresi *robust* dengan metode penaksiran MM (*Method of Moments*), mengetahui hasil penaksiran regresi *robust* dengan metode penaksiran LTS (*Least Trimmed Square*), serta mengetahui perbandingan antara dua penaksiran regresi *robust* tersebut dengan melihat nilai R^2 dan residual masing – masing metode. Data yang digunakan dalam penelitian ini dari data produksi padi di Provinsi Jawa Tengah tahun 2020 yang meliputi 4 (empat) variabel yaitu luas panen (X_1), produktivitas (X_2), jumlah penduduk (X_3), dan curah hujan (X_4) sebagai variabel bebas serta jumlah produksi padi (Y) sebagai variabel terikat. Penelitian ini menggunakan bantuan *software R Studio*.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan untuk mengatasi *outlier* (pencilan) dan juga untuk mengetahui perbandingan hasil estimasi MM dan estimasi LTS dapat disimpulkan bahwa dari data produksi padi di Provinsi Jawa

Tengah tahun 2020, diperoleh model regresi *robust* estimasi MM memiliki *R-square* sebesar 99,43 % dengan dua variabel bebas yang signifikan sedangkan model regresi *robust* estimasi LTS memiliki *R-square* sebesar 99,18 % dengan dua variabel bebas yang signifikan.

Kata kunci: Regresi Berganda, Regresi *Robust*, *Outlier*, MM-Estimation, Estimation LTS

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dan studi dengan baik di Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam segala hal sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Prof. Dr. Imam Taufiq, M.Ag. selaku rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
3. Bapak Dr. Ismail SM, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
4. Ibu Dr. Hj. Minhayati Shaleh, S.Si, M.Sc selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan pengarahan dan pengalaman yang berharga.

5. Ibu Ariska Kurnia Rachmawati, M.Sc selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan pengarahan dan pengalaman yang berharga.
6. Segenap sivitas akademika Jurusan Matematika, terutama seluruh dosen, terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.
7. Bapak Teguh Subagiyanto dan Ibu Tri Kurniawati selaku orang tua penulis yang senantiasa memberikan semangat dan doa untuk kesuksesan dalam menuntut ilmu.
8. Adik Kumara Ivan Romadhon yang senantiasa memberikan semangat dan doa.
9. Teman-teman seperjuangan kelas Matematika angkatan 2018.
10. Semua pihak yang telah membantu baik moral maupun spiritual demi terwujudnya penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan. Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Semarang, 2023

Penulis

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN	iii
NOTA PEMBIMBING	iv
NOTA PEMBIMBING	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II LANDASAN PUSTAKA	7
A. Tinjauan Pustaka.....	7
1. Statistik Deskriptif.....	7
2. Analisis Regresi Linear Sederhana.....	8
3. Analisis Regresi Linear Berganda.....	9
4. Pengujian Asumsi Regresi Linear.....	9
a. Normalitas.....	9
b. Homoskedastisitas.....	11
c. Non Autokorelasi.....	13
d. Non Multikolinearitas.....	14
5. Deteksi Pencilan (<i>Outlier</i>).....	15
6. Pengujian Signifikansi.....	16
7. Koefisien Determinasi.....	19

8.	Regresi Robust	20
9.	Produksi Padi.....	24
B.	Kajian Terdahulu Yang Relevan.....	26
C.	Kerangka Berpikir.....	30
BAB III	METODE PENELITIAN.....	33
A.	Jenis Penelitian.....	33
B.	Populasi dan Sampel Penelitian.....	33
C.	Sumber Data.....	34
D.	Variabel Penelitian.....	35
E.	Teknik Analisis Data	35
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	38
A.	Analisis Regresi Linear Sederhana	38
B.	Analisis Regresi Linear Berganda.....	41
C.	Regresi Robust	44
1.	Estimasi <i>Method of Moment</i> (MM).....	44
2.	Estimasi <i>Least Trimmed Squares</i> (LTS).....	47
D.	Deskripsi Data Penelitian	49
E.	Regresi Linear	50
1.	Uji Normalitas.....	51
2.	Uji Homoskedastisitas.....	52
3.	Uji Non Autokorelasi.....	53
4.	Uji Non Multikolinearitas.....	54
5.	Model Regresi Linear.....	55
6.	Uji F dan Uji t.....	56
F.	Deteksi Pencilon (<i>Outlier</i>)	59
G.	Regresi <i>Robust</i> Estimasi <i>Method of Moment</i> (MM)....	61
1.	Uji F dan Uji t.....	62

H. Regresi <i>Robust</i> Estimasi <i>Least Trimmed Square</i> (LTS)	65
1. Uji F dan Uji t.....	66
I. Perbandingan Hasil Estimasi MM dan LTS	70
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	71
A. Simpulan	71
B. Saran	72
DAFTAR PUSTAKA.....	73
LAMPIRAN.....	78
RIWAYAT HIDUP.....	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Interpretasi Nilai Durbin Watson	13
Tabel 2. 2	Jumlah Produksi Padi Jawa Tengah	26
Tabel 3. 1	Data produksi padi di Provinsi Jawa Tengah tahun 2020.....	34
Tabel 4. 1	Statistik Deskriptif.....	49
Tabel 4. 2	Hasil Perhitungan Nilai <i>VIF</i>	54
Tabel 4. 3	Hasil Perhitungan Uji Parsial MKT	58
Tabel 4. 4	Hasil Identifikasi Pencilan.....	60
Tabel 4. 5	Hasil Perhitungan Uji Parsial Regresi <i>Robust</i> Estimasi MM	64
Tabel 4. 6	Hasil Perhitungan Uji Parsial Regresi <i>Robust</i> Estimasi LTS	69
Tabel 4. 7	Perbandingan Hasil Estimasi MM dan Estimasi LTS.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Flowchart Dasar Kerangka Teoritis	32
Gambar 4. 1	Output Software Model Regresi Linear	55
Gambar 4. 2	Output Software Model Regresi <i>Robust</i> Estimasi <i>Method of Moment</i> (MM)	61
Gambar 4. 3	Output Software Model Regresi <i>Robust</i> Estimasi <i>Least Trimmed Square</i> (LTS)	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Data produksi padi di Provinsi Jawa Tengah tahun 2020.....	78
Lampiran II	<i>Syntax software R</i> untuk MKT.....	80
Lampiran III	<i>Syntax software R</i> untuk Uji Asumsi Klasik	81
Lampiran IV	<i>Syntax software R</i> untuk Deteksi Pencilan	82
Lampiran V	<i>Syntax software R</i> untuk Regresi <i>Robust</i> Estimasi MM	83
Lampiran VI	<i>Syntax software R</i> untuk Regresi <i>Robust</i> Estimasi LTS.....	84

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Provinsi Jawa Tengah merupakan provinsi dengan produksi padi terbanyak kedua di Indonesia dengan wilayahnya yang terdiri atas 35 kabupaten atau kota. Berdasarkan data BPS tahun 2018 hingga 2020, luas panen dan produksi padi di Jawa Tengah mengalami penyusutan. Tahun 2018 wilayah provinsi Jawa Tengah memiliki 1.821.983,17 hektar luas panen, sedangkan tahun 2020 mengalami penurunan menjadi 1.684.746,24 hektar. Berdasarkan data produksi padi tahun 2018, Jawa Tengah menghasilkan 10.499.588,23 ton. Namun menurun menjadi 9.586.910,98 ton pada tahun 2020. Oleh karena itu, akan memaksimalkan produksi beras, Jawa Tengah dapat mengelompokkan kota atau daerah penghasil beras agar lebih optimal dalam produksi beras (Wijayanto & Fathoni, 2021).

Usaha tani padi menyediakan lapangan pekerjaan dan sebagai sumber pendapatan bagi dua puluh satu juta keluarga pertanian. Apalagi, beras juga merupakan aset politik yang sangat strategis, sehingga tolak ukur ketersediaan pangan dalam negeri dapat dilihat dari

produksi beras di Indonesia (Sanny, 2010). Pengumpulan statistik pertanian tanaman pangan terpadu dengan pendekatan area sampling frame merupakan kegiatan Badan Pusat Statistik bekerja sama dengan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Tujuan utama diadakannya kegiatan ini adalah untuk mencari pendataan luas panen padi yang objektif, ilmiah, dan dipadukan dengan teknologi terkini, sehingga pendataan data pertanian khususnya data produksi padi lebih akurat, cepat, dan tepat waktu (Badan Pusat Statistika, 2020).

Definisi analisis regresi *robust* menurut Irfagutami et al. (2014) adalah salah satu metode statistika yang dapat digunakan untuk melakukan prediksi dengan pengestimasi. Dengan kata lain regresi *robust* merupakan metode yang dapat menghasilkan estimasi parameter yang kekar terhadap pencilan. Definisi analisis regresi *robust* menurut Rahman & Widodo (2018) adalah metode yang diperlukan untuk menangani adanya pencilan (*outlier*) yang asumsinya sering tidak terpenuhi adalah asumsi normalitas. Analisis regresi *robust* masih memakai semua data termasuk data pencilan, tetapi membuat bobot yang lebih sedikit pada data pencilan (Irfagutami et al., 2014). Metode ini dapat mengatasi

pencilan dengan menyesuaikan model regresi pada sebagian besar data tanpa menghapus data pencilan (Rahman & Widodo, 2018).

Secara umum hasil produksi padi dipengaruhi oleh beberapa faktor (variabel) antara lain luas lahan, benih, pupuk, pestisida (bahan kimia), tenaga kerja, dan sebagainya (Manggala & Boedi, 2018). Dalam penelitian ini akan dilakukan estimasi menggunakan regresi *robust* yang dipengaruhi variabel luas lahan panen, produktivitas, curah hujan, dan jumlah penduduk yang diasumsikan memiliki pencilan. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk memprediksi hasil panen padi di wilayah Jawa Tengah yang datanya memiliki pencilan, sehingga analisis yang tepat untuk digunakan adalah analisis regresi *robust*.

Prediksi pemodelan berdasarkan produksi padi dirasa bermanfaat untuk mengetahui produksi padi yang akan datang terjadi peningkatan maupun penurunan. Yang mana hasil prediksi tersebut dapat digunakan sebagai penanggulangan kelangkaan produksi padi serta peningkatan hasil panen petani dan peningkatan nilai tambah bagi para petani yang nantinya akan berdampak pada hasil produktivitas padi supaya masalah pertanian

di Jawa Tengah dapat teratasi, umumnya dapat menjadi penopang utama pada perekonomian di Indonesia (Manggala & Boedi, 2018). Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian ini dengan judul **“Perbandingan Model Regresi Robust Estimasi MM (*Method Of Moment*) Dan Estimasi LTS (*Least Trimmed Square*) Pada Produksi Padi Di Jawa Tengah Tahun 2020”**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka permasalahan yang dapat diangkat sebagai berikut:

1. Bagaimana model prediksi produksi padi di Jawa Tengah dengan menggunakan regresi robust estimasi MM (*Method Of Moment*) dan estimasi LTS (*Least Trimmed Square*)?
2. Bagaimana perbandingan regresi robust estimasi MM (*Method Of Moment*) dan LTS (*Least Trimmed Square*) untuk mengestimasi produksi padi di Jawa Tengah?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang diangkat, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan model prediksi produksi padi di Jawa Tengah dengan menggunakan regresi robust estimasi MM (*Method Of Moment*) dan estimasi LTS (*Least Trimmed Square*).
2. Menentukan perbandingan regresi robust estimasi MM (*Method Of Moment*) dan LTS (*Least Trimmed Square*) untuk mengestimasi produksi padi di Jawa Tengah.

D. Manfaat Penelitian

Demi tercapainya tujuan penelitian, diharapkan dapat memberikan manfaat baik bagi civitas akademik UIN Walisongo Semarang, bagi penulis dan bagi khalayak umum, yaitu:

1. Bagi Mahasiswa

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan tentang sejauh mana penerapan teori-teori statistik khususnya analisis regresi robust berdasarkan produksi padi.

2. Bagi Peneliti Selanjutnya

Dapat digunakan sebagai bahan referensi untuk penelitian lebih lanjut.

3. Bagi Universitas

Dapat dilakukan pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang statistika khususnya dengan estimasi MM (*Method Of Moment*) dan LTS (*Least Trimmed Square*).

BAB II

LANDASAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

1. Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif adalah statistik yang memiliki tujuan untuk mendeskripsikan atau menggambarkan data. Karena statistik deskriptif atau deduktif adalah bagian dari statistik yang mempelajari bagaimana data dikumpulkan dan disajikan agar mudah dipahami. Statistik deskriptif hanya menggambarkan atau memberikan informasi tentang data, situasi, atau fenomena. Dapat disimpulkan bahwa statistika deskriptif adalah ilmu statistik yang bertujuan untuk mengumpulkan, mengolah, menyajikan dan menganalisis data kuantitatif secara deskriptif. Seringkali, statistik deskriptif digunakan untuk menyederhanakan data dan mempermudah membaca informasi dari data tersebut (Maysani & Pujiastuti, 2020).

Metode statistik merupakan metode yang digunakan untuk menyajikan data dan menafsirkan peristiwa atau masalah yang sedang diteliti. Tahapan penyelesaian masalah didalam metode statistik yang

meliputi data numerik (berupa kuantiti) atau data kategorik (berupa klasifikasi) meliputi pengumpulan data, penyajian data, analisis data, dan penafsiran sebagai informasi (Rachmini Saparita, 2001).

2. Analisis Regresi Linear Sederhana

Regresi linear sederhana adalah teknik statistik yang membantu menganalisis hubungan sebab akibat antara faktor penyebab (X) dan variabel hasil (Y). Kausalitas regresi sering digunakan dalam produksi untuk menangkap karakteristik kualitas dan kuantitas.

Rumus persamaan untuk regresi linear sederhana adalah sebagai berikut :

$$Y = a + bX \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

Y = Variabel terikat (*Dependent*)

X = Variabel bebas (*Independent*)

a = Konstanta

b = Koefisien regresi (kemiringan); besaran variabel terikat yang muncul dari variabel bebas (Winata et al., 2021).

3. Analisis Regresi Linear Berganda

Analisis regresi berganda adalah hubungan linear antara dua atau lebih variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y). Dalam penelitian ini analisis regresi digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Persamaan regresi dari variabel tersebut adalah sebagai berikut:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon \dots\dots (2)$$

Keterangan:

Y = Variabel terikat

X_1, X_2, X_3 = Variabel bebas

α = Konstanta

(nilai Y, apabila $X_1, X_2, X_3 = 0$)

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ = Koefisien Regresi

(nilai peningkatan atau penurunan)

ε = Error Term / Residual (Mistiyah et al., 2018).

4. Pengujian Asumsi Regresi Linear

a. Normalitas

Uji normalitas memiliki tujuan untuk mengetahui apabila residual dalam model regresi berdistribusi normal. Uji t dan uji F yang digunakan untuk menguji kelayakan model

mengikuti distribusi normal. Uji statistik tidak dapat dilakukan jika asumsi normalitas dilanggar. Ada dua cara untuk menguji apakah residual berdistribusi normal. Yaitu, analisis grafik dan uji statistik (Montgomery et al., 2012). Salah satu cara untuk menguji asumsi kenormalan adalah dengan Uji Kolmogorov Smirnov karena syarat uji ini digunakan untuk jumlah data lebih dari 30 data, dengan rumus:

H_0 : data berdistribusi normal

H_1 : data tidak berdistribusi normal

Statistik Uji

$$D = \max |F_0(X_i) - S_n(X_i)|, i = 1, 2, \dots, n \dots \textbf{(3)}$$

Keterangan :

$F_0(X_i)$ = Fungsi distribusi frekuensi kumulatif relatif dari distribusi teoritis dibawah sisaan distribusi normal.

$S_n(X_i)$ = Distribusi frekuensi kumulatif pengamatan sebanyak sampel.

Apabila nilai $D > D_{tabel}$, maka asumsi kenormalan tidak terpenuhi (Semar et al., 2020).

b. Homoskedastisitas

Uji heteroskedastisitas bertujuan untuk menguji apakah varians dan residual dalam model regresi tidak sama antara satu pengamatan dengan pengamatan lainnya. Heteroskedastisitas terjadi pada saat $var(S^2)$ memiliki nilai positif sedangkan homoskedastisitas terjadi pada saat $var(S^2) = 0$. Model regresi yang baik adalah yang homoskedastisitas atau tidak terjadi heteroskedastisitas (Mukti & Komala, 2020).

Bila data bersifat homoskedastisitas, berarti setiap pengamatan pada variabel terikat mengandung informasi yang sama pentingnya, sehingga pengamatan pada metode kuadrat terkecil memiliki bobot yang sama. Heteroskedastisitas akan mengakibatkan pengamatan memiliki informasi yang lebih banyak daripada pengamatan lainnya, sehingga pengamatan tersebut harus mendapat bobot lebih dari pengamatan lainnya.

Ada berbagai cara untuk menguji heteroskedastisitas, yaitu uji grafik plot, uji *Park*, uji *Glejser*, uji *White*, dan uji *Breusch-*

Pagan. Uji menggunakan plot tidak begitu disarankan karena sudut pandang orang yang berbeda dapat menyebabkan perbedaan kesimpulan yang akan diambil. Uji homogenitas variansi residu dilakukan dengan uji *Breusch-Pagan* karena syarat uji ini digunakan untuk jumlah data kecil yaitu kurang dari 50 data.

Uji Hipotesis

H_0 : $var(S^2) = \sigma^2$ (model regresi bersifat homoskedastisitas)

H_1 : $var(S^2) \neq \sigma^2$ (model regresi tidak bersifat homoskedastisitas)

Statistik Uji:

$$\phi = \frac{1}{2}(ESS) \quad \dots\dots\dots (4)$$

Dengan:

ESS = Jumlah kuadrat regresi (*Explained Sum of Squares*)

Keputusan uji : menolak H_0 apabila $\phi_{hitung} < \chi^2_{(p-1)}$ atau $p - value < \alpha$.

dengan:

p : banyaknya parameter (Situmorang and Susanti, 2020).

c. Non Autokorelasi

Uji non autokorelasi digunakan untuk menguji apakah terdapat korelasi antara residual suatu pengamatan dengan pengamatan lainnya. Ada beberapa pilihan untuk uji non autokorelasi, antara lain uji Durbin-Watson, uji Lagrange Multiplier, uji Statistik Q, dan uji Run Test. Penelitian ini menggunakan uji Durbin Watson (Widyaningrum et al., 2021). Menurut Andriany et al., (2021) uji autokorelasi dapat dideteksi dengan uji Durbin Watson karena syarat uji ini digunakan untuk jumlah data kurang dari 100 data, yang didefinisikan pada persamaan:

$$D = \frac{\sum_{t=2}^{t=n} (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^{t=n} e_t^2} \dots (5)$$

Dapat juga diinterpretasi nilai Durbin Watson yaitu:

Tabel 2. 1 Interpretasi Nilai Durbin Watson

H_0	Kesimpulan	Jika
Tidak ada autokorelasi positif	Ditolak	$0 < D < dL$

Tidak ada autokorelasi positif	Tidak dapat disimpulkan	$dL \leq D \leq dU$
Tidak ada autokorelasi negatif	Ditolak	$4 - dL < D < dL$
Tidak ada autokorelasi negatif	Tidak dapat disimpulkan	$4 - Du \leq D \leq 4 - dL$
Tidak ada autokorelasi, positif atau negatif	Gagal ditolak	$dU < D, 4 - D > dU$

Dengan dU adalah batas atas nilai tabel Durbin Watson dan dL adalah batas bawah nilai tabel Durbin Watson.

d. Non Multikolinearitas

Tujuan dari uji non multikolinearitas adalah untuk melihat apakah ada korelasi antara variabel bebas dalam model regresi. Ketika terjadi korelasi antar variabel bebas, maka standar residual dari koefisien variabel bebas akan meningkat, sehingga terjadi peningkatan variansi dari koefisien variabel bebas. Nilai *Variance Inflation Factors* (VIF) merupakan nilai penentu uji non

multikolinearitas. Dapat digunakan dengan rumus sebagai berikut:

$$VIF_j = \frac{1}{1-R_j^2} \quad \dots\dots\dots (6)$$

Dengan:

$J = 1, 2, \dots, k$

$k =$ Banyaknya variabel bebas

$R_j^2 =$ Koefisien determinasi

Jika nilai VIF > 10 menandakan adanya multikoloniearitas antar variabel bebas (asumsi non multikolinearitas tidak tepenuhi) (Wardani et al., 2021).

5. Deteksi Pencilan (*Outlier*)

Outlier atau pencilan adalah data yang letaknya jauh dari pola data yang dimungkinkan memiliki pengaruh terhadap model regresi yang dibuat. Deteksi *outlier* dengan *difference fitted of FITS* (DfFITS). DfFITS merupakan pengukuran data berpengaruh yang diperkenalkan oleh Belseley, Kuh, dan Welsch pada tahun 1980, dimana mengukur penghapusan data pengamatan berpengaruh ke-*i* memengaruhi nilai - nilai yang diprediksi (Montgomery et al., 2012). DfFITS mampu

menentukan dampak pengamatan ke- i pada model regresi dalam hal nilai *fit*. Besarnya DfFITS:

$$DfFITS_i = t_i \sqrt{\frac{h_{ii}}{1-h_{ii}}} \quad \dots\dots (7)$$

dengan:

$$t_i = e_i \sqrt{\frac{n-k-1}{JKR(1-h_{ii})-e_i^2}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$h_{ii} = x_i'(X'X)^{-1}x_i \quad \dots\dots\dots (9)$$

t_i adalah *R-student (studentized deleted residual)* kasus ke- i , e_i adalah residual ke- i , JKR adalah jumlah kuadrat dari residu, k adalah banyaknya variabel bebas dan h_{ii} merupakan nilai pengaruh dari elemen diagonal ke- i . Pengamatan ke- i dikatakan *outlier* jika $DfFITS_i > 2\sqrt{\frac{p}{n}}$ dimana p merupakan jumlah parameter dan n banyaknya pengamatan (Atamia et al., 2021).

6. Pengujian Signifikansi

a. Uji F

Menurut Wardani dkk (2021) Uji F digunakan untuk menunjukkan apakah semua variabel bebas memiliki pengaruh secara

bersama-sama terhadap variabel terikat.
Hipotesis yang digunakan adalah:

1) H_0 : $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$ (variabel X_1, X_2, X_3, X_4 tidak berpengaruh terhadap variabel Y)

H_1 : minimal ada satu $\beta_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, k$
(minimal ada satu variabel X_1, X_2, X_3, X_4 berpengaruh terhadap variabel Y)

2) Taraf signifikansi α

3) Daerah kritis: H_0 ditolak jika $F > F_{(tabel)}$
atau $p - value < \alpha$

Cara menghitung F tabel adalah dengan derajat bebas pertama $(v_1) = k - 1$ dan derajat bebas kedua $(v_2) = n - k$, dengan k merupakan jumlah variabel bebas dan n adalah jumlah data.

4) Statistik uji:

$$F = \frac{R^2/k}{(1-R^2)/(n-k-1)} \quad \dots\dots (10)$$

Dengan

R^2 = Koefisien korelasi ganda

n = Jumlah anggota sampel

k = Jumlah variabel bebas

b. Uji t (Uji Parsial)

Menurut Atamia dkk (2021) Uji t bertujuan menguji pengaruh masing-masing variabel bebas terhadap variable terikat. Hasil dari uji t menunjukkan variabel bebas secara individual memiliki pengaruh terhadap variabel terikat apabila $p - value < \alpha$ atau $t_{hitung} > t_{tabel}$. Nilai t dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$t_{hitung} = \frac{b_j - \beta_j}{S_{b_j}} \quad \dots (11)$$

$$S_{b_j} = \sqrt{c_{(j+1)(j+1)} S} \quad \dots (12)$$

Dengan derajat bebas = $n - k - 1$

dengan: b_j = Koefisien regresi ke- j ,

$$j = 1, 2, \dots, k$$

β_j = Koefisien regresi ke- j yang akan diuji apakah sama dengan 0,

$$j = 1, 2, \dots, k$$

k = Banyaknya variabel bebas

c = Unsur ke $(j + 1)$ diagonal $(X'X)^{-1}$

S_{b_j} = Akar dari kuadrat tengah residual

$$1) H_0: \beta_i = 0, i = 1, 2, 3, \dots, k$$

(parameter regresi ke-i tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel terikat)

$$H_1: \beta_i \neq 0, i = 1, 2, 3, \dots, k$$

(parameter regresi ke-i memiliki pengaruh signifikan terhadap model)

2) Daerah kritis: H_0 ditolak jika $t_{hitung} > t_{(tabel)}$ atau $p - value < \alpha$.

Cara menghitung t tabel adalah dengan derajat bebas $n - k - 1$, dengan k merupakan jumlah variabel bebas dan $\alpha = 5\%$.

7. Koefisien Determinasi

Menurut Semar dkk (2020) koefisien determinasi atau yang lebih dikenal dengan *R-square* dianggap sebagai ukuran terhadap kecocokan model dari setiap model regresi linear yang bertujuan untuk menentukan metode estimasi terbaik yang dihasilkan dari nilai koefisien determinasi terbesar, dengan rumus :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2} \quad \dots \quad (13)$$

Keterangan :

Y_i = Nilai variabel bebas ke- i

\hat{Y}_i = Nilai duga variabel bebas ke- i

8. Regresi Robust

Regresi *robust* adalah solusi dengan tujuan menganalisis data dimana terdapat pengaruh data berupa *outlier* untuk membuat model yang *robust* atau kuat terhadap pengaruh *outlier*. Regresi yang kuat dapat mengatasi bias (penyimpangan) dalam metode kuadrat terkecil. Regresi *robust* digunakan ketika data dalam regresi linier memiliki outlier dan distribusi model tidak normal (Kalina & Tichavský, 2020). Model regresi nonparametrik dapat memiliki *outlier* yang membuat beberapa asumsi regresi tidak dapat dipertahankan dan mengurangi keakuratan asumsi tersebut. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang dapat mengatasi data *outlier*, yaitu metode regresi *robust* (Elveny et al., 2021).

a. Estimasi *Method Of Moment* (MM)

Metode ini menghubungkan estimasi *high breakdown value* dengan estimasi M. Kedua metode ini memiliki *high breakdown value* dan efisiensi statistik yang lebih baik jika dibandingkan dengan estimasi S. Estimasi MM

adalah perpaduan estimasi M dan estimasi S. Estimasi MM diawali dengan mencari estimasi S dan akhirnya menentukan parameter-parameter regresi *robust* menggunakan estimasi M. Estimator S dengan 50% *high breakdown point* digunakan sebagai penduga awal regresi MM (Shodiqin et al., 2018). Menurut Semar dkk (2020) berikut langkah-langkah menduga parameter dengan metode estimasi MM:

Menaksir β awal yaitu $\hat{\beta}_{(0)}$

- 1) Menghitung nilai residual $e_i = y_i - \hat{y}_i$
- 2) Menghitung standar deviasi sisaan $\hat{\sigma}_s$

$$\hat{\sigma}_s = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n (e_i^2) - (\sum_{i=1}^n e_i)^2}{n(n-1)}} \quad \dots (14)$$

- 3) Menghitung nilai $u_i = \frac{e_i}{\hat{\sigma}_i}$
- 4) Menghitung nilai pembobot Tukey Bisquare (w_i)

$$w_i(\mathbf{u}_i) = \frac{\psi(\mathbf{u}_i)}{u_i} = \begin{cases} \left[1 - \left(\frac{u_i}{c}\right)^2\right]^2, & |u_i| \leq 4,685 \\ 0, & |u_i| > 4,685 \end{cases} \quad \dots (15)$$

- 5) Menghitung OLS terbobot untuk mendapatkan penaksir kuadrat terkecil terbobot

$$\hat{\beta}_{mm} = (X'WX)^{-1}X'WY \quad \dots\dots (16)$$

- 6) Mengulangi langkah 2 - 5 sampai menghasilkan nilai $\hat{\beta}_{mm}$ yang konvergen, yaitu selisih β_j^{m+1} dengan β_j^m kurang dari 10^{-4} atau mendekati 0, dengan m yaitu banyaknya iterasi.

b. Estimasi *Least Trimmed Squares* (LTS)

Metode ini adalah metode estimasi parameter regresi *robust* dengan meminimalkan jumlah kuadrat dari residual h . Jumlah h merupakan jumlah *subset* data dengan kuadrat terkecil dari fungsi objektif yang membentuk *breakdown point* sebesar 0,5 (Shodiqin et al., 2018). Menurut Rahman & Widodo (2018) Metode LTS memiliki persamaan metode sebagai berikut:

$$\hat{\beta}_{LTS} = \mathit{arg\ min} \sum_i^h e_i^2 \quad \dots\dots (17)$$

dengan

$$h = \left\lfloor \frac{n}{2} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{k+2}{2} \right\rfloor, \quad e_i = (Y_i - X_i\hat{\beta}_0),$$

dimana:

e_i^2 = Kuadrat residual, e_i^2 diurutkan dari terkecil ke terbesar ($e_1^2 < e_2^2, \dots, < e_n^2$)

α = Konstanta

n = Banyaknya observasi

k = Jumlah variabel bebas

Prosedur estimasi dengan menggunakan estimasi LTS adalah sebagai berikut:

- 1) Mengestimasi koefisien regresi menggunakan metode kuadrat terkecil,
- 2) Menentukan n residual $e_i^2 = (Y_i - X_i \hat{\beta}_0)^2$ yang bersesuaian dengan $(\hat{\beta}_0)$, kemudian menghitung jumlah $h_0 = (n + k + 2)/2$ pengamatan dengan nilai e_i^2 terkecil,
- 3) Menghitung $\sum_i^h e_i^2$,
- 4) Mengestimasi parameter $\hat{\beta}_{baru}$ dari $\hat{\beta}_0$ observasi,
- 5) Ditentukan n kuadrat residual $e_i^2 = (Y_i - X_i \hat{\beta}_0)^2$ yang cocok dengan $(\hat{\beta}_{baru})$ kemudian menghitung sejumlah $\hat{\beta}_{baru}$ observasi dengan e_i^2 terkecil,
- 6) Menghitung $\sum_i^{h_{baru}} e_i^2$,
- 7) Melakukan pengulangan yaitu tahap 4 sampai 6 untuk menghasilkan fungsi objektif yang kecil dan konvergen.

9. Produksi Padi

Salah satu subsektor pertanian yang paling produktif adalah pangan. Pangan adalah kebutuhan pokok yang terpenting dalam kehidupan tiap orang, baik secara fisiologis, psikologis, sosial maupun antropologis. Pangan sering dikaitkan dengan upaya mempertahankan kehidupan manusia. Maka sejak orde baru, pemerintah Indonesia menaruh perhatian besar terhadap peran strategis pangan dalam pembangunan nasional. Setelah upaya terus menerus pada tahun 1984, Indonesia mencapai swasembada beras pada tahun 1984 melalui upayanya dan terus memperkuat upaya menuju swasembada pangan. Untuk mendukung upaya tersebut, dikembangkan program diversifikasi untuk mencapai pola pangan beragam dengan kualitas gizi seimbang, disertai dengan upaya untuk lebih memperluas produksi pertanian (Gurning et al., 2019).

Pertumbuhan penduduk yang tinggi merupakan tantangan utama yang dihadapi sektor pertanian, yaitu bagaimana memenuhi kebutuhan pangan. Menurut *International Rice Research Institute*, masyarakat Indonesia merupakan

konsumen beras terbesar di dunia dengan konsumsi 154 kilogram per orang per tahun. Pertambahan jumlah penduduk suatu wilayah akan meningkatkan konsumsi pangan di suatu wilayah, sedangkan berkurangnya lahan sawah yang berubah fungsi menjadi perumahan atau kawasan industri dan pergeseran perekonomian dari pertanian ke non pertanian akan mengakibatkan penurunan produksi padi. Situasi ini diperparah dengan alih fungsi lahan subur di Jawa yang menyebabkan lambatnya pertumbuhan produksi padi. (Mistiyah et al., 2018).

Jawa Tengah adalah salah satu wilayah penyangga pangan nasional dan peningkatan produktivitas padi lebih lanjut menjadi prioritas. Produktivitas padi tahun 2020 sebesar 56,90 kwintal per hektar, dengan luas tanam 1,68 juta hektar dan total produksi padi 9,59 juta ton. Selama tiga tahun terakhir, produksi padi Jawa Tengah mencapai \pm 10 juta ton per tahun. Berikut adalah data produksi padi di Jawa Tengah tahun 2018 sampai dengan tahun 2020:

Tabel 2. 2 Jumlah Produksi Padi Jawa Tengah

Tahun	Jumlah Produksi Padi (ton)
2018	10.499.588,23
2019	9.655.653,98
2020	9.586.910,98

Sumber/ Source : BPS, Survei Kerangka Sampel Area (KSA)/ BPS-Statistics Indonesia, Area Sampling Frame (ASF) Survey

Tahun 2019 produksi padi Jawa Tengah mengalami kemerosotan sebesar 843.934,25 ton. Akan tetapi pada tahun 2020 mengalami penurunan cukup besar, yaitu 912.677,25 ton. Dengan kata lain, produksi padi di Jawa Tengah tahun 2018 – 2019 mengalami penurunan sebanyak 8%, dan di tahun 2020 penurunan produksi padi menjadi 9% hal ini tercantum pada tabel diatas.

B. Kajian Terdahulu Yang Relevan

Sebelum dilakukan penelitian ini, penulis juga mengacu pada penelitian – penelitian sebelumnya, diantaranya sebagai berikut:

Shodiqin et al. (2018), dalam penelitiannya yang berjudul, “Perbanding Dua Metode Regresi *Robust* Yakni

Metode Least Trimmed Squares (LTS) Dengan Metode Estimator-MM (Estmasi-MM) (Studi Kasus Data Ujian Tulis Masuk Terhadap Hasil IPK Mahasiswa UPGRIS)”. Pada Jurnal Ilmiah Teknosains menjelaskan bahwa penelitian ini untuk mencari outlier yang mengganggu persamaan regresi linier, mengetahui hasil penduga regresi robust menggunakan metode estimasi LTS (Least Trimmed Squares), Mengetahui hasil penduga regresi robust menggunakan metode estimasi MM (MM-Estimator) dan mengkaji nilainya dan residu dari setiap metode untuk melihat bagaimana perbandingan dua penaksir regresi robust. Penelitian ini menghasilkan estimasi Least Trimmed Square (LTS) lebih baik dari pada estimasi MM. Hal ini didasarkan pada kriteria nilai R^2 dan residualnya, disebabkan adanya pemangkasan (trimmed) data yang mempunyai residual besar. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang akan diteliti yaitu terdapat pada software atau aplikasi analisis yang akan digunakan.

Rohmah et al. (2020), dalam penelitian yang berjudul, “Perbandingan Model Regresi Robust Estimasi M Dan Estimasi Least Trimmed Squares (LTS) Pada Jumlah Kasus Tuberkulosis Di Indonesia”. Pada Jurnal Penelitian Didaktik Matematika menjelaskan bahwa

penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan estimator terbaik antara *M-estimator* dan *Least Trimmed Squares (LTS) estimator* untuk mengidentifikasi faktor – faktor yang mempengaruhi jumlah kasus tuberkulosis di Indonesia. Studi telah menunjukkan bahwa *estimator Least Trimmed Squares (LTS)* adalah metode yang unggul untuk *estimator M*, memperkirakan persentase variabel TPM memenuhi persyaratan kesehatan, jumlah orang yang hidup dengan HIV, persentase populasi penduduk, dan jumlah orang dalam pelayanan kesehatan masyarakat. Pekerja memiliki pengaruh besar terhadap jumlah kasus TB di Indonesia pada tahun 2019. Perbedaan dengan penelitian yang akan diteliti yaitu pada metode estimasi yang akan digunakan untuk menghasilkan model terbaik.

Arina (2017), dalam penelitiannya yang berjudul, “Regresi Robust Untuk Mengatasi Data Pencilan”. Menjelaskan bahwa pada penelitian ini dilakukan analisis regresi *robust* yang membandingkan tingkat efektifitas metode LTS dan metode kuadrat terkecil pada data yang mengandung pencilan berdasarkan nilai Standard Error (SE). Menghasilkan bahwa metode LTS dapat memperkirakan parameter dengan lebih baik untuk data dengan *outlier*. Perbedaan antara penelitian ini dan

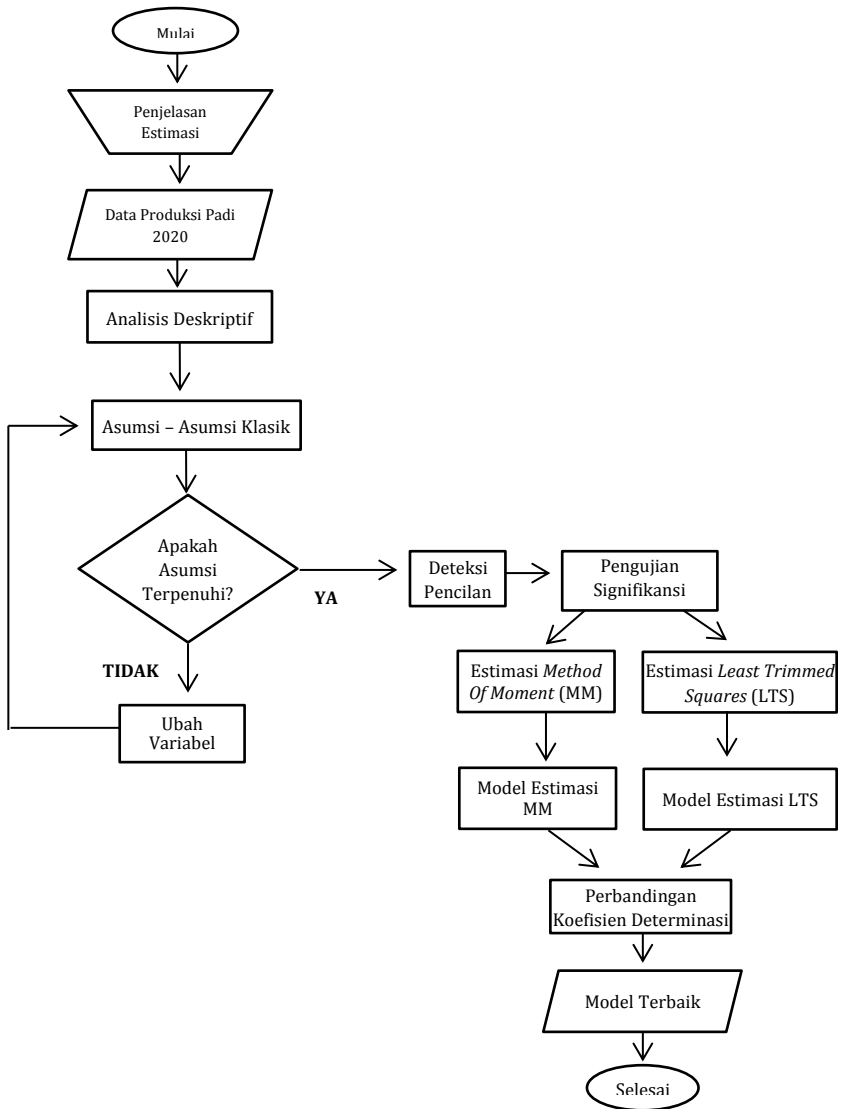
penelitian yang diteliti terletak pada metode estimasi yang digunakan untuk membuat model yang optimal.

SETYOWATI et al. (2021), dalam penelitiannya yang berjudul, “Perbandingan Regresi Robust Metode *Least Trimmed Square* (LTS) Dan Metode Estimasi-S Pada Produksi Padi Di Kabupaten Blitar”. Pada Jurnal Matematika UNAND menjelaskan bahwa pada studi ini bertujuan untuk membandingkan kedua metode *Least Trimmed Square* (LTS) dan Estimasi S dalam data produksi padi provinsi Blitar tahun 2018 menggunakan 7 variabel bebas (jumlah petani, alokasi pupuk, curah hujan rata-rata, luas panen, luas tanam, produktivitas, alat pengolah padi). Koefisien determinasi (R^2) untuk metode *Least Trimmed Square* (LTS) menghasilkan nilai yang lebih besar dari koefisien determinasi (R^2) untuk metode *S-estimation*. Nilai *Mean Square Error* (MSE) untuk metode estimasi *Least Trimmed Square* (LTS) lebih kecil dari nilai *Mean Square Error* (MSE) metode estimasi S. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang akan diteliti yaitu pada estimasi yang akan digunakan untuk menghasilkan model terbaik.

C. Kerangka Berpikir

Berdasarkan tinjauan literatur, kerangka konseptual dapat dikembangkan untuk menjawab pertanyaan dalam penelitian ini. Faktor – faktor yang mempengaruhi produksi padi di Jawa Tengah dimasukkan sebagai variabel bebas. Faktor – faktor tersebut adalah luas panen, produktivitas, curah hujan, dan jumlah penduduk di setiap kota dan kabupaten di Jawa Tengah pada tahun 2020. Pengujian statistik pada produksi padi di Jawa Tengah tahun 2020 digunakan untuk mengetahui faktor apa saja yang memengaruhi produksi padi di Indonesia. Secara umum metode kuadrat terkecil untuk melakukan estimasi koefisien regresi, melainkan metode ini tidak dapat digunakan ketika data terdapat *outlier* didalamnya. Oleh karena itu, data yang mengandung *outlier* menyajikan metode analisis regresi robust yang kuat terhadap pengaruh *outlier*, kemudian digunakan regresi *robust* estimasi MM dan estimasi LTS. Prinsip dari regresi *robust* estimasi MM adalah mengestimasi dengan *high breakdown value* dan efisiensi tinggi dalam model regresi dengan kesalahann normalitas dengan menggunakan estimasi S sebagai estimasi awal. Prinsip dari regresi robust estimasi LTS adalah meminimumkan jumlah kuadrat h

residual, dengan h merupakan jumlah subset data dengan kuadrat fungsi objektif terkecil yang akan membangun *breakdown point* sebesar 0,5. Model yang cocok untuk mengestimasi produksi padi di Jawa Tengah diperoleh dengan membandingkan estimasi MM dan estimasi LTS. Dasar kerangka teoritis dalam penelitian ini disajikan dalam bagan berikut ini:



Gambar 2. 1 Flowchart Dasar Kerangka Teoritis

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis – jenis penelitian dapat dibagi menjadi 3 macam yaitu jenis penelitian kuantitatif, kualitatif, dan deskriptif. Masing – masing jenis penelitian memiliki pendekatan – pendekatan, salah satunya pada jenis penelitian kuantitatif yang memiliki pendekatan secara survei dan eksperimen. Jenis penelitian ini termasuk dalam penelitian survei yang bertujuan untuk menghasilkan data dan informasi yang tepat. Kajian metode kuantitatif menekankan pada analisis data numerik (bilangan) yang dikerjakan dengan metode statistika. Dalam jenis penelitian ini, jelas bahwa ada beberapa hipotesis yang akan diuji kebenarannya. Hipotesis sendiri menjelaskan hubungan antara dua variabel atau lebih untuk memahami apakah satu variabel dipengaruhi oleh variabel lainnya (Mulyadi, 2013).

B. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh Kabupaten dan Kota di Provinsi Jawa Tengah yang

berjumlah 35 Kabupaten atau Kota. Sedangkan sampel dalam penelitian ini yaitu semua anggota populasi digunakan sebagai sampel yang biasa disebut dengan metode sampel jenuh (sampling jenuh).

C. Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data kuantitatif, yaitu analisis yang didasarkan pada data numerik (angka). Jenis data ini adalah data sekunder. Data sekunder adalah data yang sudah ada dan sudah diolah oleh pihak lain karena penelitian yang sudah pernah dilakukan. Dengan cara ini, data sekunder tidak tersedia secara langsung, tetapi dihasilkan dengan perantara. Data yang digunakan diperoleh dari instansi Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Tengah tahun 2021 yang telah dipublikasi yaitu data produksi padi tahun 2020. Data tersebut merupakan data yang berada di wilayah Provinsi Jawa Tengah.

Tabel 3. 1 Data produksi padi di Provinsi Jawa Tengah tahun 2020

Kabupaten /Kota	Produksi	Luas Panen	Produktivitas	Penduduk	Curah Hujan
Cilacap	761121.16	117296.51	64.89	1944857.00	4495.70
Banyumas	292979.84	52929.85	55.35	1776918.00	4354.00
Wonosobo	78846.94	14694.42	53.66	879124.00	2822.40

∴	∴	∴	∴	∴	∴
Brebes	477819.87	80256.77	59.54	1978759.00	2463.40

D. Variabel Penelitian

Variabel – variabel digunakan adalah variabel terikat (tak bebas) dan variabel bebas. Variabel terikatnya yaitu produksi padi, serta variabel bebasnya merupakan faktor – faktor yang mempengaruhi, yaitu luas panen, produktivitas, jumlah penduduk, dan curah hujan setiap kota dan kabupaten di Jawa Tengah pada tahun 2020. Pemilihan variabel bersumber dari hasil kombinasi penelitian terdahulu satu dengan yang lainnya yang menjadi sumber rujukan sehingga menghasilkan variabel – variabel diatas.

E. Teknik Analisis Data

Pada penelitian ini digunakan analisis *robust* dengan menggunakan metode estimasi MM (*Method Of Moment*) dan estimasi LTS (*Least Trimmed Square*). Data penelitian diolah dengan menggunakan beberapa alat bantu untuk mencapai tujuan dalam analisis ini yakni perangkat lunak R Studio. Adapun tahapan analisis data yang dilakukan sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data produksi padi tahun 2020 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) provinsi Jawa Tengah.
2. Menentukan variabel dari data produksi padi tahun 2020.
3. Mengestimasi parameter dari regresi linear menggunakan metode kuadrat terkecil sebagai model awal.
4. Melakukan pengujian asumsi klasik:
 - a. Melakukan uji normalitas pada residu menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov.
 - b. Melakukan uji homoskedastisitas pada residu menggunakan uji Breusch-Pagan
 - c. Melakukan uji non autokorelasi antar residu menggunakan uji Durbin-Watson.
 - d. Melakukan uji non multikolinieritas antar variabel terikat menggunakan VIF.
5. Mendeteksi adanya pencilan dengan menggunakan *DfFITS*.
6. Mengestimasi koefisien regresi *robust* memakai estimasi MM.
7. Mengestimasi koefisien regresi *robust* menggunakan estimasi LTS.

8. Menentukan model terbaik dengan membandingkan nilai *R-square* pada model regresi *robust* dengan metode estimasi MM dan metode estimasi LTS.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas perihal model regresi beserta metode kuadrat terkecil, uji asumsi klasik, deteksi pencilan (*outlier*), regresi *robust* estimasi MM dan regresi *robust* estimasi LTS.

A. Analisis Regresi Linear Sederhana

Menurut Gani & Amalia (2018) model regresi sederhana adalah model regresi yang menggambarkan hubungan fungsional antara dua variabel. Variabel pertama (Y) berperan sebagai variabel terikat, dan variabel kedua (X) berperan sebagai variabel bebas. Formulasi model regresi sederhana biasanya ditulis:

$$Y = f(X) \quad \text{.....} \quad (18)$$

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon \quad \text{.....} \quad (19)$$

Parameter β (koefisien regresi) adalah besarnya pengaruh absolut variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y). Parameter α (konstanta) adalah besarnya nilai variabel Y yang tidak dipengaruhi oleh variabel X. Notasi ε adalah besarnya nilai *error term* (galat) yang merupakan pengaruh faktor lain di luar model atau dengan kata lain selisih nilai sebenarnya dengan nilai dugaan. Galat dapat menerangkan:

1. Pengaruh dari variabel persamaan yang tidak dimasukkan karena berbagai pertimbangan,
2. Penetapan persamaan matematika yang tidak lengkap,
3. Kesalahan pengukuran dalam penyusunan dan pengolahan data.

Galat dari persamaan regresi didapatkan dengan menjabarkan dari persamaan (19), diperoleh sebagai berikut:

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon \quad \dots \quad (20)$$

$$\hat{Y} = \alpha + \beta X \quad \dots \quad (21)$$

$$\varepsilon = Y - \hat{Y} \quad \dots \quad (22)$$

Untuk mencari nilai α dan β digunakan metode statistika yaitu *ordinary least square* (OLS) atau metode kuadrat terkecil, dengan meminimumkan jumlah kuadrat residual kemudian disamadengankan nol , maka diperoleh:

$$J = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n [Y_i - \alpha - \beta X_i]^2$$

$$\frac{\partial J}{\partial \alpha} = -2 \sum (Y_i - \alpha - \beta X_i) = 0 \quad \dots \quad (23)$$

$$\frac{\partial J}{\partial \beta} = -2 \sum X_i (Y_i - \alpha - \beta X_i) = 0 \quad \dots \quad (24)$$

Kedua persamaan (23) dan (24) dapat disederhanakan dan dijabarkan sebagai berikut:

$$\sum Y_i - \sum \alpha - \sum \beta X_i = 0$$

$$\sum Y_i - \alpha \cdot n - \beta \sum X_i = 0$$

$$\alpha \cdot n + \beta \sum X_i = \sum Y_i \dots (25)$$

$$\sum X_i Y_i - \sum \alpha X_i - \sum \beta X_i^2 = 0$$

$$\sum X_i Y_i - \alpha \sum X_i - \beta \sum X_i^2 = 0$$

$$\alpha \sum X_i + \beta \sum X_i^2 = \sum X_i Y_i \dots (26)$$

Nilai α dan β dapat diperoleh dengan penyelesaian persamaan pendekatan matriks kemudian dideterminankan, diperoleh:

$$\begin{bmatrix} n & \sum X_i \\ \sum X_i & \sum X_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum Y_i \\ \sum X_i Y_i \end{bmatrix}$$

$$\beta = \frac{\det \begin{bmatrix} n & \sum Y_i \\ \sum X_i & \sum X_i Y_i \end{bmatrix}}{\det \begin{bmatrix} n & \sum X_i \\ \sum X_i & \sum X_i^2 \end{bmatrix}} = \frac{n \cdot \sum X_i Y_i - \sum X_i \cdot \sum Y_i}{n \cdot \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \dots (27)$$

Dari persamaan (21) maka nilai α diperoleh:

$$\alpha = \bar{Y} - \beta \bar{X} \dots (28)$$

Dengan \bar{X} dan \bar{Y} merupakan konstanta.

B. Analisis Regresi Linear Berganda

Menurut Widodo & Dewayanti (2016) dalam model regresi terdapat parameter yaitu $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$. Parameter ini perlu diperkirakan karena nilainya belum ditemukan. Metode yang umum digunakan untuk mengestimasi parameter regresi adalah metode kuadrat terkecil. Metode ini adalah salah satu langkah estimasi garis regresi dimana garis regresi yang dipilih meminimumkan jumlah kuadrat dari residual dengan kata lain memperkirakan varians dalam residual (kesalahan). Jumlah kuadrat residual (J) adalah sebagai berikut:

$$J = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_{i1} - \beta_2 x_{i2} - \dots - \beta_k x_{ik})^2 \quad \dots \quad (29)$$

Untuk meminimalkan jumlah kuadrat residual terhadap persamaan (29) dapat dihitung turunan secara parsial terhadap β_j , dengan $j = 0, 1, \dots, k$ dan disama dengan nol, maka diperoleh:

$$\frac{\partial J}{\partial \beta_0} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_{i1} - \beta_2 x_{i2} - \dots - \beta_k x_{ik}) = 0$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial J}{\partial \beta_1} &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_{i1} - \beta_2 x_{i2} - \cdots - \beta_k x_{ik}) x_{i1} = 0 \\
\frac{\partial J}{\partial \beta_2} &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_{i1} - \beta_2 x_{i2} - \cdots - \beta_k x_{ik}) x_{i2} = 0 \\
&\vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \\
\frac{\partial J}{\partial \beta_k} &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_{i1} - \beta_2 x_{i2} - \cdots - \beta_k x_{ik}) x_{ik} \\
&= 0 \quad \dots \quad (30)
\end{aligned}$$

Penjabaran dari persamaan (30) menghasilkan persamaan - persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
n\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{i1} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{i2} + \cdots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{ik} &= \sum_{i=1}^n y_i \\
\hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n x_{i1} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{i1}^2 + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{i2} + \cdots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{ik} \\
&= \sum_{i=1}^n x_{i1}y_i \\
\hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n x_{i2} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{i2} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{i2}^2 + \cdots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{i2}x_{ik} \\
&= \sum_{i=1}^n x_{i2}y_i \\
&\vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \\
\hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n x_{ik} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{ik} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{i2}x_{ik} + \cdots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{ik}^2 \\
&= \sum_{i=1}^n x_{ik}y_i \quad \dots \quad (31)
\end{aligned}$$

Ketika disusun dalam bentuk matrik, persamaannya menjadi:

$$\mathbf{X}'\mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}} = \mathbf{X}'\mathbf{Y} \quad \dots \quad (32)$$

dengan,

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \quad \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} \end{bmatrix}, \quad \hat{\boldsymbol{\beta}} = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ \vdots \\ \hat{\beta}_k \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{X}'\mathbf{X} = \begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_{i1} & \dots & \sum_{i=1}^n x_{ik} \\ \sum_{i=1}^n x_{i1} & \sum_{i=1}^n x_{i1}^2 & \dots & \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{ik} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^n x_{ik} & \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{ik} & \dots & \sum_{i=1}^n x_{ik}^2 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{X}'\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ x_{11} & x_{21} & x_{31} & \dots & x_{n1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{1k} & x_{2k} & x_{3k} & \dots & x_{nk} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_{i1}y_i \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^n x_{ik}y_i \end{bmatrix}$$

Dalam menentukan estimasi β , dapat digunakan untuk menyelesaikan persamaan dibawah kedua ruas dengan invers dari $(\mathbf{X}'\mathbf{X})$. Diperoleh estimasi kuadrat terkecil dari β yaitu:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y \quad \dots\dots \quad (33)$$

C. Regresi Robust

Menurut Kalina & Tichavský (2020) Regresi *robust* merupakan solusi untuk menganalisis data dimana terdapat pengaruh data berupa *outlier* yang akan menghasilkan persamaan model yang *robust* atau kuat terhadap pengaruh *outlier*. Regresi yang kuat dapat mengatasi bias (penyimpangan) pada kuadrat terkecil. Regresi *robust* dapat digunakan ketika data dalam regresi linier memiliki outlier dan distribusi model tidak normal.

1. Estimasi *Method of Moment* (MM)

Menurut Elveny et al. (2021) bentuk umum metode *robust* MM yaitu:

$$\begin{aligned} \hat{\beta}_{MM} &= \arg \min \sum_{i=1}^n \rho \left(\frac{e_i}{\hat{\sigma}_s} \right) \\ &= \arg \min \sum_{i=1}^n \rho \left(\frac{Y_i - \sum_{j=0}^k X_{ij}\beta_j}{\hat{\sigma}_s} \right) \dots\dots \quad (34) \end{aligned}$$

Didefinisikan untuk meminimumkan persamaan yang akan digunakan turunan parsial pertama dari ρ (fungsi obyektif) dari residual terhadap β_j dengan $j = 0,1,2, \dots, k$, kemudian

disama dengankan nol. Sehingga dapat ditulis sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^n \rho' \left(\frac{Y_i - \sum_{j=0}^k X_{ij} \beta_j}{\hat{\sigma}_s} \right) = 0 \quad \dots \quad (35)$$

Dengan $\rho' = \psi$ dan ψ adalah fungsi pengaruh yang merupakan turunan dari ρ digunakan dalam memperoleh bobot, X_{ij} adalah observasi ke- i pada regressor ke- j dan $X_{i0} = 1$. Sehingga didapatkan persamaan berikut:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \psi \left(\frac{Y_i - \sum_{j=0}^k X_{ij} \beta_j}{\hat{\sigma}_s} \right) = 0 \quad \dots \quad (36)$$

Didefinisikan suatu fungsi pembobot:

$$w(u_i) = \frac{\psi \left(\frac{Y_i - \sum_{j=0}^k X_{ij} \beta_j}{\hat{\sigma}_s} \right)}{\frac{Y_i - \sum_{j=0}^k X_{ij} \beta_j}{\hat{\sigma}_s}} \quad \dots \quad (37)$$

Dan misal $w_i = w(u_i)$, maka persamaan (36) dapat ditulis:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} w_i \left(Y_i - \sum_{j=0}^k X_{ij} \beta_j \right) = 0, \\ j = 0, 1, 2, \dots, k \quad \dots \quad (38)$$

Persamaan (38) diselesaikan dengan IRLS (*Iteratively Reweighted Least Square*) untuk mencari estimasi parameter regresi, estimasi

awal koefisien $\hat{\beta}^{(1)}$ dan residual $e_i^{(1)}$ diambil dari regresi robust dengan *high breakdown point* (estimasi S), untuk bobot permulaan $w_i^{(1)} = w(e_i^{(1)})$, maka $p=k+1$ persamaan (38) ditulis:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} w_i^{(1)} \left(Y_i - \sum_{j=0}^k X_{ij} \beta_j \right) = 0 \quad \dots \quad (39)$$

Dimana,

$$w_i^{(1)} = \begin{cases} \frac{\psi \left(\frac{Y_i - \sum_{j=0}^k X_{ij} \hat{\beta}_j}{\hat{\sigma}_s} \right)}{\frac{Y_i - \sum_{j=0}^k X_{ij} \hat{\beta}_j}{\hat{\sigma}_s}}, & \text{jika } Y_i \neq \sum_{j=0}^k X_{ij} \hat{\beta}_j \\ 1 & \text{jika } Y_i = \sum_{j=0}^k X_{ij} \hat{\beta}_j \end{cases}$$

Untuk regresi berganda, persamaan (38) menjadi:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n X_{ij} w_i^{(1)} \left(Y_i - \sum_{j=0}^k X_{ij} \hat{\beta}_j \right) &= 0 \\ \sum_{i=1}^n w_i^{(1)} X_i Y_i - \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^k X_{ij}^2 w_i^{(1)} \hat{\beta}_j &= 0 \\ \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^k X_{ij}^2 w_i^{(1)} \hat{\beta}_j &= \sum_{i=1}^n w_i^{(1)} X_i Y_i \quad \dots \quad (40) \end{aligned}$$

Dalam bentuk matriks dapat ditulis:

$$\begin{matrix} X' & W^{(1)} & X & \beta & X' & W^{(1)} & Y \\ p \times n & n \times n & n \times p & p \times 1 & p \times n & n \times n & n \times 1 \end{matrix} =$$

Dimana $W^{(1)}$ adalah matriks diagonal yang berukuran $n \times n$ dengan elemen diagonal w_1, w_2, \dots, w_n (n banyaknya observasi).

Estimator dapat ditulis:

$$X'W X\hat{\beta}_j = X'W Y$$

$$(X'W X)^{-1}X'W X\hat{\beta}_j = (X'W X)^{-1}X'W Y$$

$$\hat{\beta}_j = \begin{matrix} (X'W X)^{-1} X'W Y \\ p \times 1 \quad \quad p \times p \quad p \times 1 \end{matrix}$$

Sehingga diperoleh:

$$\hat{\beta}_{mm} = (X'WX)^{-1}X'WY \quad \dots \quad (41)$$

$X' = X$ transpose

2. Estimasi *Least Trimmed Squares* (LTS)

Menurut Višek (2006) Prinsip dari estimasi LTS adalah meminimumkan jumlah kuadrat *error* dari pengamatan sebanyak h yang dipilih dari subset data atau mengambil beberapa bagian data berukuran h . Model regresi *robust* untuk mengestimasi β adalah $Y_i = X_i^T \beta + e_i$, persamaan normal untuk $\hat{\beta}_{LTS}$ adalah sebagai berikut:

$$\hat{\beta}_{LTS} = \arg \min_{\beta} \sum_{i=1}^h e_i^2 \quad \dots \quad (42)$$

dimana $e_i = Y_i - X_i^T \beta$

Sebelum mengestimasi parameter $\hat{\beta}_{LTS}$ dari model regresi dicari nilai kuadrat *error*nya sebagai berikut

$$\begin{aligned} e &= Y - X'\beta \\ e'e &= (Y - X'\beta)'(Y - X'\beta) \\ &= (Y' - \beta'X)(Y - X'\beta) \\ &= Y'Y - Y'X'\beta - \beta'XY + \beta'XX'\beta \end{aligned}$$

Dengan $e'e = S$, sehingga

$$S = Y'Y - Y'X'\beta - \beta'XY + \beta'XX'\beta \quad \dots \quad (43)$$

Untuk mengestimasi parameter $\hat{\beta}$ yang dinotasikan dengan β , adalah dengan menurunkan persamaan (43) terhadap β dan disamadengakan nol, diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial \beta} &= \frac{\partial(Y'Y - Y'X'\beta - \beta'XY + \beta'XX'\beta)}{\partial \beta} = 0 \\ \Rightarrow \frac{\partial(Y'Y - (Y'X'\beta)' - \beta'XY + \beta'XX'\beta)}{\partial \beta} &= 0 \\ \Rightarrow \frac{\partial(Y'Y - \beta'XY - \beta'XY + \beta'XX'\beta)}{\partial \beta} &= 0 \\ \Rightarrow \frac{\partial(Y'Y - 2\beta'XY + \beta'XX'\beta)}{\partial \beta} &= 0 \\ \Rightarrow -2XY + 2XX'\beta &= 0 \\ \Rightarrow 2XX'\beta &= 2XY \\ \Rightarrow \hat{\beta} &= \frac{XY}{XX'} \end{aligned}$$

Jadi estimasi dari parameter $\hat{\beta}_{LTS}$ diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\hat{\beta}_{LTS} = (XX')^{-1}XY \dots (44)$$

D. Deskripsi Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data produksi padi Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2020 yang didapatkan dari website Badan Pusat Statistik. Data terdiri dari 35 kabupaten dan kota di Provinsi Jawa Tengah dengan variabel yaitu jumlah produksi padi, luas panen, produktivitas, curah hujan, dan jumlah penduduk. Jumlah produksi padi (Y) pada setiap kabupaten dan kota digunakan sebagai variabel terikat sedangkan luas panen (X_1) produktivitas (X_2) jumlah penduduk (X_3) dan curah hujan (X_4) digunakan sebagai variabel bebas.

Tabel 4. 1 Statistik Deskriptif

Variabel	N	Rata - rata	Median	Min	Maks
Y	35	273910,0	208619,5	243,7	805889,3
X_1	35	48135,61	41176,44	39,44	131929,86
X_2	35	55,65	55,46	40,46	68,44

X_3	35	1043315	1017767	121526	1978759
X_4	35	9003,7	2822,4	153,6	98100,0

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa rata - rata produksi padi (Y) adalah 273910,0 ton dan produksi tertinggi adalah 805889,3 ton sedangkan yang paling rendah adalah 243,7 ton. Rata - rata luas panen (X_1) adalah 48135,61 hektar dan luas panen terluas adalah 131929,86 hektar sedangkan yang paling rendah adalah 39,44 hektar. Rata - rata produktivitas (X_2) adalah 55,65 kuintal/hektar dan produktivitas terbanyak adalah 68,44 kuintal/hektar sedangkan yang paling rendah adalah 40,46 kuintal/hektar. Rata - rata jumlah penduduk adalah (X_3) adalah 1043315 jiwa dan jumlah penduduk terbanyak adalah 1978759 jiwa sedangkan yang paling rendah adalah 121526 jiwa. Rata - rata curah hujan (X_4) adalah 9003,7 mm dan curah hujan tertinggi adalah 98100,0 mm sedangkan yang paling rendah adalah 153,6 mm.

E. Regresi Linear

Analisis regresi adalah ilmu tentang hubungan antara variabel bebas dan satu atau lebih variabel terikat, dengan tujuan memperkirakan atau

memprediksi nilai variabel terikat berdasarkan nilai variabel bebas yang diketahui. Untuk langkah awal melakukan uji asumsi klasik dengan tujuan untuk mengetahui model regresi yang diperoleh melalui metode kuadrat terkecil telah memenuhi semua asumsi klasik yang diperlukan sehingga diketahui apakah model dapat digunakan. Uji asumsi klasik digunakan untuk mengetahui apakah terdapat penyimpangan pada data yang digunakan.

1. Uji Normalitas

Uji normalitas yang digunakan adalah uji *Kolmogorov-Smirnov* sebagai berikut:

- a. H_0 : residu berdistribusi normal
 H_1 : residu tidak berdistribusi normal
- b. Taraf signifikansi $\alpha = 0,05$
- c. Daerah kritis : H_0 ditolak jika $D > D_{(\alpha,n)}$ atau $p - value < \alpha$
- d. Statistik uji

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan hasil nilai $D = 0,6$ dengan $p - value = 0,000$

e. Kesimpulan

H_0 ditolak karena $D = 0,6 > D_{(0,05,35)} = 0,148$ atau $p - value = 0,000 < \alpha$ yang berarti residu tidak berdistribusi normal.

Hasil dari uji *Kolmogorov-Smirnov* menunjukkan bahwa residu data produksi padi Jawa Tengah tahun 2020 tidak berdistribusi normal sehingga asumsi normalitas tidak dapat dipenuhi.

2. Uji Homoskedastisitas

Uji homoskedastisitas yang digunakan adalah uji *Breusch-Pagan* sebagai berikut:

a. $H_0 : var(e_i) = \sigma^2$ (variansi residu bersifat homoskedastisitas)

$H_1 : var(e_i) \neq \sigma^2$ (variansi residu bersifat heteroskedastisitas)

b. Taraf signifikansi $\alpha = 0,05$

c. Daerah kritis : H_0 ditolak jika $\phi_{hitung} > \chi^2_{(p-1)}$ atau $p - value < \alpha$

d. Statistik uji

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan hasil $\phi_{hitung} = 8,2461$ dengan $p - value = 0,08297$

e. Kesimpulan

Karena $\phi_{hitung} = 8,2461 < \chi^2_{(4)} = 9,4877$
atau $p - value = 0.08297 > \alpha = 0,05$ berarti
 H_0 gagal ditolak maka residu bersifat
homoskedastisitas.

Hasil dari uji *Breusch-Pagan* menunjukkan bahwa pengujian asumsi homoskedastisitas dari data produksi padi Jawa Tengah tahun 2020 dapat terpenuhi.

3. Uji Non Autokorelasi

Uji non autokorelasi yang digunakan adalah uji *Durbin-Watson*. Dalam uji ini menggunakan residu dari 35 observasi dengan 5 variabel termasuk variabel bebas dan terikatnya.

Nilai batas atas (dU) yang didapatkan dari tabel *Durbin-Watson* dengan taraf signifikansi 5% adalah 1,7259 sedangkan nilai batas bawahnya (dL) adalah 1,2221. Nilai *Durbin-Watson* (D) yang didapatkan dari residu data produksi padi Jawa Tengah tahun 2020 adalah 2,2047 yang berarti $D > dU$ maka tidak terdapat autokorelasi positif dan $4 - D > dU$ maka tidak terdapat autokorelasi negatif. Hasil dari uji *Durbin-Watson*

menunjukkan bahwa tidak terdapat autokorelasi pada model sehingga asumsi non autokorelasi terpenuhi.

4. Uji Non Multikolinearitas

Uji Non Multikolinearitas menggunakan uji *VIF* secara parsial pada setiap variabelnya, sebagai berikut:

- a. H_0 : tidak terdapat multikolinearitas
 H_1 : terdapat multikolinearitas
- b. Daerah kritis : H_0 ditolak jika nilai $VIF > 10$
- c. Statistik uji

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan hasil *VIF* sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Nilai *VIF*

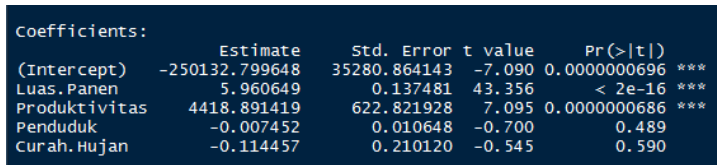
Variabel Terikat	<i>VIF</i>
X_1	1,860259
X_2	1,109848
X_3	1,724909
X_4	1,084167

d. Kesimpulan

Karena $VIF < 10$ maka H_0 gagal ditolak yang berarti tidak terdapat multikolinearitas.

Hasil dari uji VIF menunjukkan bahwa pengujian asumsi non multikolinearitas dari data produksi padi Jawa Tengah tahun 2020 dapat terpenuhi.

5. Model Regresi Linear



Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	-250132.799648	35280.864143	-7.090	0.0000000696	***
Luas. Panen	5.960649	0.137481	43.356	< 2e-16	***
Produktivitas	4418.891419	622.821928	7.095	0.0000000686	***
Penduduk	-0.007452	0.010648	-0.700	0.489	
Curah. Hujan	-0.114457	0.210120	-0.545	0.590	

Gambar 4. 1 Output Software Model Regresi Linear

Dengan menggunakan metode kuadrat terkecil didapatkan untuk data produksi padi Jawa Tengah tahun 2020 adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y} = -250132,799648 + 5,96064 X_1 + 4418,891419 X_2 - 0,007452 X_3 - 0,114457 X_4$$

Dari model persamaan regresi linear dengan metode kuadrat terkecil dapat menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1 hektar luas panen (X_1) dapat menaikkan 5,96064 ton produksi padi (Y), setiap kenaikan 1

kuintal/hektar produktivitas (X_2) akan menaikkan 4418,891419 ton produksi padi (Y), setiap kenaikan 1 penduduk (X_3) akan mengurangi 0,007452 ton produksi padi (Y) dan setiap kenaikan 1 mm curah hujan (X_4) akan mengurangi 0,114457 ton produksi padi (Y). Nilai *R-Square* yang diperoleh dari model tersebut adalah 99,2 % sedangkan *R-Square(adj)* adalah 99,09 % yang menunjukkan setidaknya variabel bebas dapat menyatakan 99,09 % variasi variabel terikat dan selisihnya sebesar 0,91 % menandakan pengaruh faktor yang tidak termasuk dalam model.

6. Uji F dan Uji t

Pada model regresi yang dihasilkan akan dianalisis uji signifikansi secara serentak menggunakan uji F dan secara parsial menggunakan uji t.

Uji serentak yang dilakukan dengan menggunakan uji F yaitu sebagai berikut

a. $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$ (semua parameter regresi tidak berpengaruh signifikan dalam model)

$H_1 : \beta_i \neq 0, i = 1,2,3, \dots, k$ (paling sedikit ada satu parameter regresi yang berpengaruh signifikan dalam model)

b. Taraf signifikansi $\alpha = 0,05$

c. Daerah kritis : H_0 ditolak jika $F > F_{tabel}$ atau $p - value < \alpha$

d. Statistik uji

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan hasil $F = 928,9$ dengan $p - value = 0,000$

e. Kesimpulan

H_0 ditolak karena $F = 928,9 > F_{t(0,05;3;31)} = 2,911$ atau $p - value = 0,000 < \alpha = 0,05$ berarti setidaknya ada satu parameter regresi yang berpengaruh signifikan terhadap model atau secara keseluruhan variabel terikat memiliki hubungan linear dengan variabel bebas.

Hasil dari uji serentak yang menyatakan bahwa setidaknya terdapat satu parameter regresi yang memiliki pengaruh secara signifikan

dengan model maka dilakukan uji parsial menggunakan uji t sebagai berikut:

a. $H_0 : \beta_i = 0, i = 1,2,3, \dots, k$ (parameter regresi ke- i tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel terikat)

$H_1 : \beta_i \neq 0, i = 1,2,3, \dots, k$ (parameter regresi ke- i memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel terikat)

b. Taraf signifikansi $\alpha = 0,05$

c. Daerah kritis : H_0 ditolak jika $|t| > t_{tabel}$ atau $p - value < \alpha$

d. Statistik uji

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan hasil p-value

Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Uji Parsial MKT

Variabel bebas	$p - value$	Nilai t
X_1	0,000	43.356
X_2	0.0000000686	7.095
X_3	0.489	-0.700
X_4	0.590	-0.545

e. Kesimpulan

H_0 ditolak untuk variabel X_1 dan X_2 karena $p - value < \alpha$ atau nilai $|t| > t_{0,025;30} =$

2,042 yang berarti variabel X_1 dan X_2 mempunyai dampak nyata terhadap variabel terikat secara linear sedangkan variabel X_3 dan X_4 tidak memiliki pengaruh nyata terhadap variabel terikat secara linear.

Hasil dari uji parsial menunjukkan bahwa hanya variabel luas panen dan produktivitas yang berpengaruh nyata terhadap model regresi linear yang telah diperoleh.

F. Deteksi Pencilan (*Outlier*)

Dikarenakan salah satu uji asumsi klasik tidak terpenuhi yaitu uji normalitas, maka perlu dilakukan deteksi *outlier*. Dalam mendeteksi *outlier* menggunakan uji *Difference in Fit Standardized (DfFITS)*. Nilai DfFITS digunakan untuk mendeteksi *outlier* yang berpengaruh terhadap nilai variabel terikat. Hipotesis yang digunakan adalah H_0 : *outlier* ke- i tidak berpengaruh, $i = 1,2,3,\dots,n$ dan H_1 : *outlier* ke- i berpengaruh. Nilai kritis DfFITS adalah $2\sqrt{\frac{p}{n}}$, dimana p adalah jumlah parameter dan n adalah jumlah data studi. Kriteria pengujian yang melandasi keputusan adalah:

$$DfFITS = \begin{cases} \leq 2\sqrt{\frac{p}{n}}, & H_0 \text{ diterima} \\ > 2\sqrt{\frac{p}{n}}, & H_0 \text{ ditolak} \end{cases}$$

H_0 ditolak Jika nilai DfFITS lebih besar dari nilai kritis. Jadi *outlier* ke- i mempengaruhi himpunan data dan mengubah penduga Y_i .

Berdasarkan data pada tabel 3.1 yang dimiliki nilai kritis diperoleh $2\sqrt{\frac{p}{n}} = 2\sqrt{\frac{5}{35}} = 0,7559$, apabila nilai dari DfFITS lebih besar dari 0,7559 maka bisa dikatakan data tersebut merupakan *Outlier*. *Outlier* dari data produksi padi di Provinsi Jawa Tengah tahun 2020 adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Hasil Identifikasi Pencilan

Observasi ke-	$DfFITS$
1	1.097166903
16	1.220670770
33	1.556801404

Berdasarkan tabel 4.4 terdapat pencilan pada observasi ke 1, 16, dan 33. Metode kuadrat terkecil kurang tepat digunakan pada data produksi padi Jawa Tengah tahun 2020 karena terdapat data mengandung pencilan, sehingga metode regresi *robust* dibutuhkan

dalam mengatasi pencilan. Regresi *robust* estimasi *Method of Moments* (MM) dan estimasi *Least Trimmed Square* (LTS) digunakan untuk mengatasi pencilan pada penelitian ini.

G. Regresi *Robust* Estimasi *Method of Moment* (MM)

Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-258705.0114675	84518.0440997	-3.061	0.00462 **
Luas. Panen	5.9858143	0.2268082	26.392	< 2e-16 ***
Produktivitas	4379.7693428	1304.3864605	3.358	0.00215 **
Penduduk	-0.0009976	0.0170682	-0.058	0.95378
Curah. Hujan	-0.0117776	0.1155324	-0.102	0.91948

Gambar 4. 2 Output Software Model Regresi *Robust* Estimasi *Method of Moment* (MM)

Pada model regresi *robust* estimasi MM, proses perhitungan dilakukan dengan menentukan estimasi koefisien dengan menggunakan metode kuadrat terkecil yang kemudian dilanjutkan dengan memakai regresi *robust* estimasi-S sebagai estimasi awal dari model regresi *robust* estimasi-MM. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, didapatkan model regresi *robust* estimasi-MM untuk produksi padi Jawa Tengah tahun 2020 sebagai berikut:

$$\hat{Y} = -258705,003 + 5,9858143 X_1 + 4379,7691699 X_2 - 0,0009976 X_3 - 0,0117776 X_4$$

yang menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1 hektar luas panen (X_1) dapat menaikkan 5,9858143 ton produksi padi (Y), setiap kenaikan kuintal/hektar produktivitas (X_2) akan menaikkan 4379,7691699 ton produksi padi (Y), setiap kenaikan 1 penduduk (X_3) akan mengurangi 0,0009976 ton produksi padi (Y) dan setiap kenaikan 1 mm curah hujan (X_4) akan mengurangi 0,0117776 ton produksi padi (Y). Nilai *R-Square* yang diperoleh dari model tersebut adalah 99,49 % sedangkan *R-Square(adj)* adalah 99,43 % yang menunjukkan setidaknya variabel bebas dapat menyatakan 99,43 % variasi variabel terikat dan selisihnya sebesar 0,57 % menandakan pengaruh faktor yang tidak termasuk dalam model.

1. Uji F dan Uji t

Pada model regresi *robust* estimasi MM yang telah didapatkan akan dilakukan uji signifikansi secara serentak menggunakan uji F dan secara parsial menggunakan uji t

Uji serentak yang dilakukan dengan menggunakan uji F adalah sebagai berikut

a. $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$ (semua parameter regresi tidak berpengaruh signifikan dalam model)

$H_1 : \beta_i \neq 0, i = 1,2,3, \dots, k$ (paling sedikit ada satu parameter regresi yang berpengaruh signifikan dalam model)

b. Taraf signifikansi $\alpha = 0,05$

c. Daerah kritis : H_0 ditolak jika $F > F_{tabel}$ atau $p - value < \alpha$

d. Statistik uji

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan hasil $F = 1151$ dengan $p - value = 0,000$

e. Kesimpulan

H_0 ditolak karena $F = 1151 > F_{t(0,05;3;31)} = 2,911$ atau $p - value = 0,000 < \alpha = 0,05$ berarti setidaknya ada satu parameter regresi *robust* estimasi-MM yang berpengaruh signifikan terhadap model atau secara keseluruhan variabel terikat memiliki hubungan linear dengan variabel bebas.

Hasil dari uji serentak yang menyatakan bahwa setidaknya terdapat satu parameter regresi *robust* estimasi MM yang memiliki pengaruh signifikan terhadap model maka

dilakukan uji parsial menggunakan uji t sebagai berikut:

a. $H_0 : \beta_i = 0, i = 1,2,3, \dots, k$ (parameter regresi ke- i tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel terikat)

$H_1 : \beta_i \neq 0, i = 1,2,3, \dots, k$ (parameter regresi ke- i memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel terikat)

b. Taraf signifikansi $\alpha = 0,05$

c. Daerah kritis : H_0 ditolak jika $|t| > t_{tabel}$ atau $p - value < \alpha$

d. Statistik uji

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan hasil $p - value$

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Uji Parsial Regresi
Robust Estimasi MM

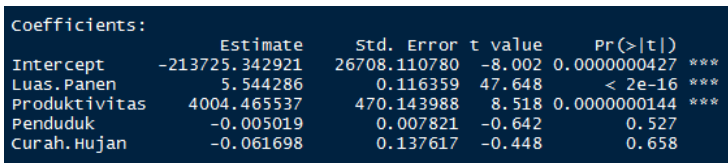
Variabel bebas	$p - value$	Nilai t
X_1	0,000	26,392
X_2	0,00215	3,358
X_3	0,95378	-0,058
X_4	0,91948	-0,102

e. Kesimpulan

H_0 ditolak untuk variabel X_1 dan X_2 karena $p - value < \alpha$ atau nilai $|t| > t_{0,025;30} = 2,042$ yang berarti variabel X_1 dan X_2 memiliki dampak nyata terhadap variabel terikat secara linear sedangkan variabel X_3 dan X_4 tidak memiliki pengaruh nyata terhadap variabel terikat secara linear.

Hasil dari uji parsial menunjukkan bahwa hanya variabel luas panen dan produktivitas yang berpengaruh nyata terhadap model regresi *robust* estimasi-MM yang telah diperoleh.

H. Regresi *Robust* Estimasi *Least Trimmed Square* (LTS)



Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	-213725.342921	26708.110780	-8.002	0.0000000427 ***
Luas.Panen	5.544286	0.116359	47.648	< 2e-16 ***
Produktivitas	4004.465537	470.143988	8.518	0.0000000144 ***
Penduduk	-0.005019	0.007821	-0.642	0.527
Curah.Hujan	-0.061698	0.137617	-0.448	0.658

Gambar 4. 3 Output Software Model Regresi *Robust* Estimasi *Least Trimmed Square* (LTS)

Model regresi *robust* estimasi LTS yang dapat dihitung dengan menggunakan metode kuadrat terkecil sebagai penentu estimasi awal model. Berdasarkan

perhitungan yang dilakukan, didapatkan model regresi robust estimasi LTS untuk produksi padi Jawa Tengah tahun 2020 sebagai berikut:

$$\hat{Y} = -213725,343 + 5,544286X_1 + 4004,465537 X_2 - 0,005019X_3 - 0,061698X_4$$

yang menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1 hektar luas panen (X_1) dapat menaikkan 5,544286 ton produksi padi (Y), setiap kenaikan kuintal/hektar produktivitas (X_2) akan menaikkan 4004,465537 ton produksi padi (Y), setiap kenaikan 1 penduduk (X_3) akan mengurangi 0,005019 ton produksi padi (Y) dan setiap kenaikan 1 mm curah hujan (X_4) akan mengurangi 0,061698 ton produksi padi (Y). Nilai *R-Square* yang diperoleh dari model tersebut adalah 99,31 % sedangkan *R-Square(adj)* adalah 99,18 % yang menunjukkan setidaknya variabel bebas dapat menyatakan 99,18 % variasi variabel terikat dan selisihnya sebesar 0,82 % menandakan pengaruh faktor yang tidak termasuk dalam model.

1. Uji F dan Uji t

Pada model regresi *robust* estimasi LTS yang telah didapatkan akan dilakukan uji

signifikansi secara serentak menggunakan uji F dan secara parsial menggunakan uji t

Uji serentak yang dilakukan dengan menggunakan uji F adalah sebagai berikut

a. $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$ (semua parameter regresi tidak berpengaruh signifikan dalam model)

$H_1 : \beta_i \neq 0, i = 1,2,3, \dots, k$ (paling sedikit ada satu parameter regresi yang berpengaruh signifikan dalam model)

b. Taraf signifikansi $\alpha = 0,05$

c. Daerah kritis : H_0 ditolak jika $F > F_{tabel}$ atau $p - value < \alpha$

d. Statistik uji

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan hasil $F = 822,3$ dengan $p - value = 0,000$

e. Kesimpulan

H_0 ditolak karena $F = 822,3 > F_{t(0,05;3;31)} = 2,911$ atau $p - value = 0,000 < \alpha = 0,05$ berarti setidaknya ada satu parameter regresi *robust* LTS yang memiliki pengaruh signifikan terhadap model atau secara keseluruhan

variabel terikat memiliki hubungan linear dengan variabel bebas.

Hasil dari uji serentak yang menyatakan bahwa setidaknya terdapat satu parameter regresi *robust* estimasi LTS yang berpengaruh signifikan terhadap model maka dilakukan uji parsial menggunakan uji t sebagai berikut:

a. $H_0 : \beta_i = 0, i = 1,2,3, \dots, k$ (parameter regresi ke- i tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel terikat)

$H_1 : \beta_i \neq 0, i = 1,2,3, \dots, k$ (parameter regresi ke- i memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel terikat)

b. Taraf signifikansi $\alpha = 0,05$

c. Daerah kritis : H_0 ditolak jika $|t| > t_{tabel}$ atau $p - value < \alpha$

d. Statistik uji

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan hasil $p - value$

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Uji Parsial Regresi
Robust Estimasi LTS

Variabel bebas	$p - value$	Nilai t
X_1	0,000	47,648
X_2	0,0000000144	8,518
X_3	0,527	-0,642
X_4	0,658	-0,448

e. Kesimpulan

H_0 ditolak untuk variabel X_1 dan X_2 karena $p - value < \alpha$ atau nilai $|t| > t_{0,025;30} = 2,042$ yang berarti variabel X_1 dan X_2 memiliki dampak nyata terhadap variabel terikat secara linear sedangkan variabel X_3 dan X_4 tidak memiliki pengaruh nyata terhadap variabel terikat secara linear.

Hasil dari uji parsial menunjukkan bahwa hanya variabel luas panen dan produktivitas yang berpengaruh nyata terhadap model regresi *robust* estimasi LTS yang telah diperoleh.

I. Perbandingan Hasil Estimasi MM dan LTS

Tabel 4. 7 Perbandingan Hasil Estimasi MM dan Estimasi LTS

Estimasi	R - square	Variabel Signifikan
MKT	99,09 %	2
MM	99,43 %	2
LTS	99,18 %	2

Berdasarkan tabel 4.7 perbandingan hasil MKT, estimasi MM, dan estimasi LTS pada data produksi padi Jawa Tengah tahun 2020 diketahui bahwa estimasi MM lebih baik digunakan dari pada estimasi LTS. Hal tersebut dikarenakan nilai *R-Square* yang lebih tinggi sebesar 99,43% dengan 2 variabel signifikan yaitu variabel luas lahan dan produktivitas.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang dilakukan, diambil simpulan yaitu:

1. Model prediksi dari estimasi parameter pada data produksi padi di Provinsi Jawa Tengah tahun 2020 dengan menggunakan analisis regresi *robust* estimasi MM adalah:

$$\hat{Y} = -258705,003 + 5,9858143 X_1 + 4379,7691699 X_2 - 0,0009976 X_3 - 0,0117776 X_4$$

dengan 2 variabel signifikan, yaitu variabel luas lahan (X_1) dan produktivitas (X_2).

Model prediksi dari estimasi parameter pada data produksi padi Jawa Tengah tahun 2020 dengan menggunakan analisis regresi *robust* estimasi LTS adalah:

$$\hat{Y} = -213725,343 + 5,544286X_1 + 4004,465537 X_2 - 0,005019X_3 - 0,061698X_4$$

dengan 2 variabel signifikan, yaitu variabel luas lahan (X_1) dan produktivitas (X_2).

2. Berdasarkan perbandingan nilai *R-square* pada analisis regresi *robust* estimasi MM dan LTS pada data produksi padi di Provinsi Jawa Tengah tahun 2020 diketahui bahwa model dengan menggunakan estimasi MM lebih baik digunakan dari pada estimasi LTS hal tersebut dikarenakan nilai *R-square* yang lebih tinggi sebesar 99,43 %

B. Saran

Dalam skripsi ini digunakan variabel bebas luas panen, produktivitas, jumlah penduduk, dan curah hujan. Oleh karena itu, untuk peneliti yang berminat melanjutkan penelitian dengan topik yang sama dapat menggunakan variabel lain seperti jumlah bibit, jumlah pupuk, luas lahan terkena hama atau luas lahan terkena banjir.

Penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik dan kinerja estimasi MM maupun LTS perlu dilakukan dengan menggunakan data yang lebih besar untuk mendapatkan hasil estimasi yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriany, C. D., Susanti, Y., & Sugiyanto. (2021). Estimasi Parameter Regresi Robust Dengan Metode Estimasi Least Trimmed Squares (Lts) Pada Kematian Ibu Di Indonesia. *Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*, 9–14.
- Arina, F. (2017). Regresi robust untuk mengatasi data pencilan. *Journal Industrial Servicess*, 3(1), 6–8.
- Atamia, N. A., Susanti, Y., & Handajani, S. S. (2021). Perbandingan Analisis Regresi Robust Estimasi-S dan Estimasi-M dengan Pembobot Huber dalam Mengatasi Outlier. *Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 4, 673–679. Diunduh di <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/prisma/>
- Badan Pusat Statistika. (2020). Statistik Luas Panen dan Produksi Padi. In *Berita Resmi Statistik* (Vol. 2, Issue 16).
- Elveny, M., Syah, R., & Al-khowarizmi. (2021). Modelling Under Uncertainty Business Competitive With Robust Estimation Measurement Model. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12(3), 4410–4417. Diunduh di <https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i3.1820>
- Gani, I., & Amalia, S. (2018). *ALAT ANALISIS DATA: Aplikasi Statistik untuk Penelitian Bidang Ekonomi dan Sosial Edisi Revisi*. ANDI.
- Gurning, I. P., D, Y. A., & Taufik, E. N. (2019). Trend Dan Estimasi Produksi Padi dan Konsumsi Beras Di Provinsi Kalimantan Tengah. *J-SEA (Journal Socio Economics*

Agricultural), 14(1), 48–61.

IRFAGUTAMI, N. P. N., SRINADI, I. G. A. M., & SUMARJAYA, I. W. (2014). Perbandingan Regresi Robust Penduga Mm Dengan Metode Random Sample Consensus Dalam Menangani Pencilan. *E-Jurnal Matematika*, 3(2), 45. Diunduh di <https://doi.org/10.24843/mtk.2014.v03.i02.p065>

Kalina, J., & Tichavský, J. (2020). On Robust Estimation of Error Variance in (Highly) Robust Regression. *Measurement Science Review*, 20(1), 6–14. Diunduh di <https://doi.org/10.2478/msr-2020-0002>

Manggala, R. B., & Boedi, A. (2018). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Padi Di Desa Sumengko Kecamatan Sukomoro Kabupaten Nganjuk. *Jurnal Ilmu Ekonomi*, 2(3), 441–452.

Maysani, R., & Pujiastuti, H. (2020). Analisis Kesulitan Mahasiswa Dalam Mata Kuliah Statistika Deskriptif. *Al Khawarizmi: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Matematika*, 4(1), 32. Diunduh di <https://doi.org/10.22373/jppm.v4i1.6949>

Mistiyah, Juliprijanto, W., & Septiani, Y. (2018). Analisis Determinasi Produksi Padi di Provinsi Jawa Tengah Tahun 1998-2018. *Directory Journal of Economic (DINAMIC)*, 2(3), 821–833.

Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2012). *Introduction to Linear Regression Analysis Fifth Edition*.

Mukti, M., & Komala, E. (2020). Pengaruh Insentif Terhadap Kinerja Karyawan Pada PT Fifgroup Cabang Rangkasbitung. *Journal of Management Studies*, 7(2), 115–126.

- Mulyadi, M. (2013). Penelitian Kuantitatif Dan Kualitatif Serta Pemikiran Dasar Menggabungkannya. *Jurnal Studi Komunikasi Dan Media*, 15(1), 128. Diunduh di <https://doi.org/10.31445/jskm.2011.150106>
- Rachmini Saparita. (2001). Penggunaan Statistika Deskriptif Untuk Melihat Distribusi Pola Data Yang Diteliti: Studi Kasus Profil Pengguna/Pengunjung Perpustakaan Teknologi Di Bidang Jasa Informasi Teknologi Pdi-Lipi. *Baca: Jurnal Dokumentasi Dan Informasi*, 26(1-2), 15-20. Diunduh di <https://doi.org/10.14203/j.baca.v26i1-2.74>
- Rahman, M. B., & Widodo, E. (2018). Perbandingan Metode Regresi Robust Estimasi Least Trimmed Square , Estimasi Scale , dan Estimasi Method Of Moment. *Prosiding Seminar Nasional Matematika, PRISMA 1*, 1, 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. *Jurnal Penelitian Didaktik Matematika*, 4(2), 136-146.
- Sanny, L. (2010). Analisis Produksi Beras di Indonesia. *Binus Business Review*, 1(1), 245. Diunduh di <https://doi.org/10.21512/bbr.v1i1.1072>
- Semar, A., Virgantari, F., & Wijayanti, H. (2020). Perbandingan Estimasi S (Scale) Dan Estimasi Mm (Method of Moment) Pada Model Regresi Robust Dengan Data Pencilan. *Statmat: Jurnal Statistika Dan Matematika*, 2(1), 21. Diunduh di <https://doi.org/10.32493/sm.v2i1.4207>
- 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.

Diunduh di <https://doi.org/10.25077/jmu.10.3.329-341.2021>

Shodiqin, A., Aini, A. N., & Rubowo, M. R. (2018). Perbandingan Dua Metode Regresi Robust yakni Metode Least Trimmed Squares (LTS) dengan metode Estimator-MM (Estmasi-MM) (Studi Kasus Data Ujian Tulis Masuk Terhadap Hasil IPK Mahasiswa UPGRIS). *Jurnal Ilmiah Teknosains*, 4(1), 35–42.
Diunduh di <https://doi.org/10.26877/jitek.v4i1.2403>

Situmorang, M. H. S., & Susanti, Y. (2020). Pemodelan Indeks Keperahan Kemiskinan di Indonesia Menggunakan Analisis Regresi Robust. *Indonesian Journal of Applied Statistics*, 3(1), 51.
Diunduh di <https://doi.org/10.13057/ijas.v3i1.40838>

Víšek, J. Á. (2006). *Kybernetika Terms of use: Part I: Consistency*. 42(1).

Wardani, I. K., Susanti, Y., Subanti, S., Statistika, P. S., & Maret, U. S. (2021). Pemodelan Indeks Kedalaman Kemiskinan Di Indonesia Menggunakan Analisis Regresi Robust. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2021*, 15–23.

Widodo, E., & Dewayanti, A. A. (2016). Perbandingan Metode Estimasi LTS, M, MM Pada Regresi robust. *Laporan Penelitian*, 52.

Widyaningrum, A. R., Susanti, Y., & Slamet, I. (2021). Pemodelan Penyakit Diare Balita Di Jawa Timur Menggunakan Regresi Robust. *Prosiding Seminar Nasional Sains*, 2(1), 522–528.

Wijayanto, S., & Fathoni, M. Y. (2021). Pengelompokan Produktivitas Tanaman Padi di Jawa Tengah Menggunakan Metode Clustering K-Means. *Jurnal JUPITER*, 13(2), 212-219.

Winata, W., Sharipuddin, & Jasmir. (2021). Penentuan harga jual pasir silika dengan metode regresi linier sederhana berbasis web. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Komputer (JAKAKOM)*, 1(1), 22-34.

LAMPIRAN

Lampiran I Data produksi padi di Provinsi Jawa Tengah tahun 2020

Kabupaten/ Kota	Produksi	Luas Panen	Produk tivitas	Penduduk	Curah Hujan
Cilacap	761121.16	117296.51	64.89	1944857.00	4495.70
Banyumas	292979.84	52929.85	55.35	1776918.00	4354.00
Wonosobo	78846.94	14694.42	53.66	879124.00	2822.40
Banjarnegara	105737.42	19204.23	55.06	1017767.00	153.62
Kebumen	348910.62	73675.97	47.36	1350438.00	2822.40
Purworejo	267240.47	50120.74	53.32	769880.00	98100.00
Purbalingga	170241.62	29070.69	58.56	998561.00	6863.00
Kota Magelang	1057.13	174.31	60.65	121526.00	3378.40
Magelang	177662.43	36124.02	49.18	1299859.00	3162.00
Boyolali	236823.5	49191.36	48.14	1062713.00	2326.00
Klaten	370057.03	66729.30	55.46	1260506.00	2199.00
Kota Surakarta	243.74	39.44	61.80	522364.00	1704.40
Sukoharjo	314992.36	46023.36	68.44	907587.00	1643.00
Wonogiri	353816.11	63141.93	56.04	1043177.00	2305.00
Karanganyar	262339.7	43452.07	60.39	931963.00	2362.00
Sragen	723671.68	108953.93	66.42	976951.00	1710.53
Grobogan	805889.27	131929.86	61.08	1453526.00	35613.00
Blora	477549.29	93986.48	50.81	884333.00	23004.00
Rembang	127772.83	31576.49	40.46	645333.00	22770.00
Pati	602806.71	102085.94	59.05	1324188.00	2507.70
Kudus	180880.93	32051.02	56.44	849184.00	4439.00
Jepara	208619.49	40848.50	51.07	1184947.00	4343.00
Demak	659420.83	106770.42	61.76	1203956.00	2404.15
Kota	23275.02	4165.43	55.88	1653524.00	2507.70

Semarang					
Semarang	167988.62	29466.41	57.01	1053094.00	43986.00
Kota Salatiga	4118.16	672.69	61.22	192322.00	3068.00
Temanggung	79660.44	12827.19	62.10	790174.00	2790.50
Kendal	186593.02	33926.58	55.00	1018505.00	2507.70
Batang	156003.61	30498.66	51.15	801718.00	3654.99
Kota Pekalongan	8167.51	1628.49	50.15	307150.00	2896.00
Pekalongan	193723.75	41176.44	47.05	968821.00	8839.00
Pemalang	408247.28	74155.86	55.05	1471489.00	2463.40
Kota Tegal	2721.85	608.00	44.77	273825.00	2006.60
Tegal	349850.75	65292.88	53.58	1596996.00	2463.40
Brebes	477819.87	80256.77	59.54	1978759.00	2463.40

Lampiran II *Syntax software R* untuk MKT

```
> model.MKT <- lm(y ~ x1+x2+x3+x4, data = data)
> summary(model.MKT)
```

Call:

```
lm(formula = y ~ x1+x2+x3+x4, data = data)
```

Residuals:

```
   Min   1Q Median   3Q   Max
-47839 -12501 -1259  7584 53667
```

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-250132.799648	35280.864143	-7.090	0.0000000696 ***
x1	5.960649	0.137481	43.356	< 2e-16 ***
x2	4418.891419	622.821928	7.095	0.0000000686 ***
x3	-0.007452	0.010648	-0.700	0.489
x4	-0.114457	0.210120	-0.545	0.590

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 21540 on 30 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.992, Adjusted R-squared: 0.9909

F-statistic: 928.9 on 4 and 30 DF, p-value: < 2.2e-16

Lampiran III *Syntax software R* untuk Uji Asumsi Klasik

```
> #Uji Asumsi Klasik  
> # Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov  
> ks.test(model.MKT$residuals,"pnorm")
```

One-sample Kolmogorov-Smirnov test

```
data: model.MKT$residuals  
D = 0.6, p-value = 0.00000000001405  
alternative hypothesis: two-sided
```

```
> #Uji Homoskedastisitas Breusch-Pagan  
> bptest(model.MKT)
```

studentized Breusch-Pagan test

```
data: model.MKT  
BP = 8.2461, df = 4, p-value = 0.08297
```

```
> #Uji Non Autokorelasi Durbin-Watson  
> dwtest(model.MKT)
```

Durbin-Watson test

```
data: model.MKT  
DW = 2.2047, p-value = 0.6804  
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

```
> #Uji Non Multikolinearitas VIF
```

```
> vif(model.MKT)
```

x1	x2	x3	x4
1.860259	1.109848	1.724909	1.084167

Lampiran IV *Syntax software R* untuk Deteksi Pencilan

```
> #Deteksi Pencilan
> dffits(model.MKT)
      1      2      3      4      5
1.097166903 -0.065023051 0.128812277 0.067218967 -0.787389733
      6      7      8      9     10
-0.004279465 -0.037651768 -0.412242201 0.077813695 -0.157934134
      11     12     13     14     15
-0.130561788 -0.380888113 -0.104559485 -0.121677875 -0.067944853
      16     17     18     19     20
1.220670770 0.428475731 -1.265718125 0.522940641 -0.107023505
      21     22     23     24     25
-0.024150147 -0.012146409 0.193818473 0.506230595 0.084394902
      26     27     28     29     30
-0.442503453 -0.254080076 -0.006011855 0.052991219 0.570495203
      31     32     33     34     35
-0.018593219 -0.190956243 1.556801404 -0.200483924 0.033555505
```

Lampiran V *Syntax software R untuk Regresi Robust* Estimasi MM

```
> #Model Estimasi MM  
> model.MM <- lmrob(y ~ x1+x2+x3+x4, data = data, method="MM")  
> summary(model.MM)
```

Call:

```
lmrob(formula = y ~ x1+x2+x3+x4,  
      data = data, method = "MM")  
 \--> method = "MM"
```

Residuals:

```
   Min      1Q  Median      3Q      Max  
-47714.2 -8890.6 -467.4  9298.2 62002.0
```

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.587e+05	8.452e+04	-3.061	0.00462 **
x1	5.986e+00	2.268e-01	26.392	< 2e-16 ***
x2	4.380e+03	1.304e+03	3.358	0.00215 **
x3	-9.976e-04	1.707e-02	-0.058	0.95378
x4	-1.178e-02	1.155e-01	-0.102	0.91948

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Robust residual standard error: 13990

Multiple R-squared: 0.9949, Adjusted R-squared: 0.9943

Lampiran VI *Syntax software R untuk Regresi Robust* Estimasi LTS

```
> #Model Estimasi LTS  
> model.LTS <- ltsReg(y ~ x1+x2+x3+x4, data = data, method="LTS")  
> summary(model.LTS)
```

Call:

```
ltsReg.formula(formula = y ~ x1+x2+x3+x4, data = data, method = "LTS")
```

Residuals (from reweighted LS):

Min	1Q	Median	3Q	Max
-28543.58	-3302.76	-1408.98	28.47	20876.12

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	-2.137e+05	2.671e+04	-8.002	4.27e-08 ***
x1	5.544e+00	1.164e-01	47.648	< 2e-16 ***
x2	4.004e+03	4.701e+02	8.518	1.44e-08 ***
x3	-5.019e-03	7.821e-03	-0.642	0.527
x4	-6.170e-02	1.376e-01	-0.448	0.658

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 13430 on 23 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9931, Adjusted R-squared: 0.9918

F-statistic: 822.3 on 4 and 23 DF, p-value: < 2.2e-16

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Bhamakerti Hafiz
Kamaluddin
2. Tempat & Tgl. Lahir : Kabupaten Semarang, 19
Juni 1999
3. Alamat Rumah : Jalan Sindoro II No. 16 RT
03 RW 06 Bandarjo, Ungaran Barat, Jawa Tengah
4. HP : 089647405712
5. E-mail :
bhamakerti_1808046012@student.walisongo.ac.id

B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal:
 - a. 2018-2023 : Matematika, Fakultas Sains
dan Teknologi, UIN Walisongo Semarang,
Semarang
 - b. 2014-2017 : SMAN 2 Ungaran
 - c. 2011-2014 : SMPN 3 Ungaran
 - d. 2005-2011 : SDN Bandarjo 02