



Laporan Penelitian

**PENGGUNAAN METODE REGRESI ROBUST
UNTUK Mencari SELANG KEPERCAYAAN
KOEFSIEN GARIS REGRESI JIKA
RAGAM GALAT TIDAK HOMOGEN**

Oleh:
Dra. Harmi Sugiarti, M.Si
Dra. Andi Megawarni, M.Ed

**Lembaga Penelitian Universitas Terbuka
2003**

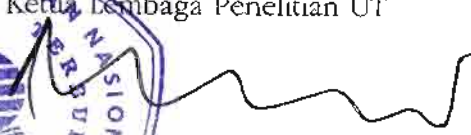
LEMBAR PENGESAHAN
Laporan Penelitian Lembaga Penelitian-UT

1. a. Judul Penelitian : Penggunaan Metode Regresi Robust untuk Mencari Selang Kepercayaan Koefisien Regresi Jika Ragam Galat Tidak Homogen
- b. Bidang Penelitian : Bidang Ilmu
- c. Klasifikasi Penelitian : Penelitian Mandiri
- d. Bidang Ilmu Statistika : Statistika
2. Ketua Peneliti
- a. Nama : Dra. Harmi Sugiarti, M.Si
- b. NIP : 131 976 080
- c. Golongan Kepangkatan : III/b
- d. Jabatan Akademik : Asisten Ahli
- e. Fakultas/ Unit Kerja : FMIPA
3. Anggota Tim Peneliti
- a. Jumlah Anggota : 1 (satu) orang
- b. Nama/Unit Kerja : Dra. Andi Megawarni, M.Ed / FMIPA
4. Lama Penelitian : 8 (delapan) bulan
5. Biaya Penelitian : Rp. 4.695.000,-
(Empat Juta Enam Ratus Sembilan Puluh Lima Ribu Rupiah)
6. Sumber Biaya : Lembaga Penelitian UT

Mengetahui,
Dekan FMIPA-UT



Dr. Ir. D. Djokosetiyanto
NIP. 130 536 671

Mengetahui,
Ketua Lembaga Penelitian UT


Dr. Edhi S. Winataputra, MA
NIP. 130 567 151

Pondok Cabe, 28 Maret 2003

Ketua Peneliti,


Dra. Harmi Sugiarti, M.Si
NIP. 131 976 080

Menyetujui,
Kepala Pusat Studi Indonesia


Durri Andriani, Ph.D
NIP. 131 569 965



ABSTRAK

Bidang Ilmu : **Statistika**
Judul : **Penggunaan Metode Regresi Robust untuk Mencari Selang Kepercayaan Koefisien Regresi Jika Ragam Galat Tidak Homogen**
Penulis : **Sugiarti, H. ; Megawarni, A.**
Tahun : **2003**
Sumber Abstraksi : **Laporan Hasil Penelitian**
Lokasi Laporan : **Lembaga Penelitian, Perpustakaan Universitas Terbuka**
Abstraksi :

Asumsi ragam galat homogen diperlukan oleh metode OLS untuk mendapatkan penduga koefisien garis regresi yang bersifat tak bias linear terbaik (best linear unbiased estimation, BLUE). Tidak dipenuhinya asumsi kehomogenan ragam galat dalam penggunaan metode OLS dapat mengakibatkan berkurangnya ketelitian dalam pendugaan selang bagi koefisien garis regresi. Penanganan kasus ketidakhomogenan ragam galat kadangkala diikuti munculnya penyimpangan asumsi lainnya, diantaranya adalah munculnya pengamatan pencilan (outlier) dalam data.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penggunaan metode OLS, metode WLS, dan metode regresi robust dalam mencari selang kepercayaan koefisien garis regresi apabila ragam galat tidak homogen.

*Data yang digunakan dalam penelitian adalah data hasil simulasi dengan menggunakan paket program MINTTAB dan data hasil eksperimen, yang berupa data rata-rata panjang daun (cm) tanaman temulawak (*Curcuma Xanthorrhiza* Roxb.) pada umur 17 minggu yang diberi pupuk kandang pada berbagai taraf (tanpa pupuk, 0.5 kg/lubang, 1 kg/lubang) dan ditanam pada dua variasi jarak tanam (60x40 cm dan 60x60 cm).*

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa lebar selang dengan koefisien kepercayaan 99% selalu lebih lebar dari pada selang dengan koefisien kepercayaan 95% baik untuk metode OLS, metode WLS, dan metode regresi robust. Metode regresi robust menghasilkan selang kepercayaan untuk koefisien regresi lebih sempit dibanding metode OLS, tetapi lebih lebar dibanding metode WLS.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	2
C. Manfaat Penelitian	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. Selang Kepercayaan	3
B. Metode Regresi Robust	4
III. METODOLOGI	7
A. Data	7
B. Metode	7
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	9
A. Hasil Simulasi	9
B. Hasil Eksperimen	13
V. KESIMPULAN DAN SARAN	18
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Data Galat	9
Tabel 2. Data Simulasi	10
Tabel 3. Penduga Koefisien Regresi Data Simulasi	11
Tabel 4. Simpangan Baku Penduga Koefisien Regresi Data Simulasi	11
Tabel 5. Lebar Selang Kepercayaan 95% untuk Koefisien Regresi Data Simulasi	12
Tabel 6. Lebar Selang Kepercayaan 99% untuk Koefisien Regresi Data Simulasi	12
Tabel 7. Data Eksperimen	13
Tabel 8. Penduga Koefisien Regresi Data Eksperimen dengan Konsentrasi Pupuk sebagai Pembobot	14
Tabel 9. Simpangan Baku Penduga Koefisien Regresi Data Eksperimen dengan konsentrasi Pupuk sebagai Pembobot	14
Tabel 10. Lebar Selang Kepercayaan 95% untuk Koefisien Regresi Data Eksperimen dengan Konsentrasi Pupuk sebagai Pembobot	14
Tabel 11. Lebar Selang Kepercayaan 99% untuk Koefisien Regresi Data Eksperimen dengan Konsentrasi Pupuk sebagai Pembobot	15
Tabel 12. Penduga Koefisien Regresi Data Eksperimen dengan Jarak Tanam sebagai Pembobot	15
Tabel 13. Simpangan Baku Penduga Koefisien Regresi Data Eksperimen dengan Jarak Tanam sebagai Pembobot	16
Tabel 14. Lebar Selang Kepercayaan 95% untuk Koefisien Regresi Data Eksperimen dengan Jarak Tanam sebagai Pembobot	16
Tabel 15. Lebar Selang Kepercayaan 99% untuk Koefisien Regresi Data Eksperimen dengan Jarak Tanam sebagai Pembobot	17

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Asumsi ragam galat homogen ($\sigma^2(\epsilon_i) = \sigma^2$) diperlukan oleh metode kuadrat terkecil (*ordinary least square, OLS*) untuk mendapatkan penduga parameter yang bersifat tak bias linear terbaik (*best linear unbiased estimator, BLUE*) dari model regresi $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_p X_{pi} + \epsilon_i$, $i = 1, 2, \dots, n$. Y_i adalah nilai peubah respons pada pengamatan ke- i , X_i adalah nilai peubah bebas pada pengamatan ke- i dan $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ adalah koefisien regresi yang tidak diketahui nilainya dan akan dicari nilai taksirannya.

Dalam hal asumsi ragam galat homogen tidak dipenuhi, salah satu metode alternatif yang dapat dicoba adalah metode kuadrat terkecil tertimbang (*weighted least square, WLS*). Metode ini menghasilkan lebar selang kepercayaan untuk koefisien garis regresi lebih sempit dibanding metode OLS (Sugiarti, 2001).

Penanganan kasus ketidakhomogenan ragam galat kadangkala diikuti munculnya penyimpangan asumsi lainnya, diantaranya adalah munculnya pengamatan pencilan (*outlier*) dalam data. Adanya pengamatan pencilan dalam data dapat mengakibatkan penduga koefisien garis regresi yang diperoleh tidak tepat. Namun demikian tindakan membuang (menolak) begitu saja suatu pengamatan pencilan bukanlah tindakan yang bijaksana, karena adakalanya pengamatan pencilan memberikan informasi yang cukup berarti.

Disamping adanya faktor kesulitan penentuan pembobot $w_i = \frac{1}{\sigma^2}$ karena besarnya σ^2 tidak diketahui, penggunaan metode WLS masih belum dapat mereduksi munculnya pengamatan pencilan. Untuk mengatasi kelemahan-kelemahan dari metode yang ada, baik metode OLS maupun metode WLS, perlu dicoba metode lain yang bersifat tidak sensitif terhadap pelanggaran asumsi-asumsi, yaitu metode regresi robust (*robust regression*).

B. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan lebar selang kepercayaan koefisien garis regresi yang diperoleh metode regresi robust dengan lebar selang kepercayaan koefisien garis regresi yang diperoleh metode OLS dan metode WLS.

C. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi masukan tentang penggunaan metode regresi robust dalam mencari selang kepercayaan untuk koefisien garis regresi, jika terdapat penyimpangan asumsi ragam galat tidak homogen.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Selang Kepercayaan

Selang kepercayaan adalah suatu kisaran nilai yang dianggap mengandung nilai parameter populasi yang sebenarnya. Batas bawah (B) dan batas atas (A) selang tersebut dihitung dari suatu sampel acak yang ditarik dari populasi bersangkutan. Oleh karena itu sebelum penarikan sampel dilakukan, B dan A merupakan besaran acak.

Untuk setiap pilihan yang wajar atas kedua batas itu selalu ada peluang positif bahwa selang kepercayaannya akan gagal mencakup nilai parameter yang sebenarnya. Sebelum percobaan dilakukan, terlebih dahulu ditetapkan nilai koefisien kepercayaannya (*confidence coefficient*). Koefisien ini menetapkan peluang bahwa selang kepercayaannya akan mencakup nilai parameter yang sebenarnya. Oleh karena itu kita menginginkan peluang tersebut sedekat mungkin dengan 1.

Misalkan kita memilih koefisien kepercayaan $(1-\alpha)$, maka selang kepercayaan yang dihasilkan akan dinamakan selang kepercayaan $(1-\alpha)100\%$ bagi suatu parameter. Besaran B dan A dikatakan menentukan selang kepercayaan $(1-\alpha) 100\%$ bagi suatu parameter apabila memenuhi kriteria berikut:

- a) $P\{B \leq \text{nilai parameter yang sebenarnya} \leq A\} \geq (1-\alpha)$ dan
- b) nilai-nilai B dan A dapat dihitung dari sampel telah diambil dari populasi.

Tingkat kepercayaan $(1-\alpha)100\%$ mengandung arti apabila percobaan pengambilan sampel acak dengan ukuran tertentu yang sama dari suatu populasi dan perhitungan nilai B dan A diulang berkali-kali, maka $(1-\alpha)100\%$ dari selang kepercayaan yang dihasilkan akan mengandung nilai parameter yang sebenarnya ($B \leq \mu \leq A$). Selang kepercayaan yang cukup baik adalah selang kepercayaan yang mempunyai lebar selang yang sempit dan persentase selang yang memuat parameter cukup besar (Koopmans, 1987).

B. Metode Regresi Robust

Prosedur regresi robust dirancang untuk mengurangi pengaruh dari pengamatan-pengamatan yang mempunyai pengaruh tinggi jika metode kuadrat terkecil digunakan. Oleh karena itu, prosedur regresi robust cenderung untuk mengabaikan sisaan-sisaan yang berhubungan dengan pencilan-pencilan yang besar. Disamping tidak sensitif jika terdapat kasus pencilan, prosedur regresi robust mempunyai tingkat efisien yang sama 90%-95% dibanding kuadrat terkecil jika dibawah distribusi normal (Montgomery & Peck, 1992).

Menurut Staudte & Sheather, jika hubungan linear antara satu peubah respon dengan peubah-peubah bebasnya dimodelkan sebagai $Y_i = X_i^T \beta + \epsilon_i$, dimana X_i^T menyatakan baris ke-i dari matriks rancangan X, β menyatakan parameter model dan ϵ_i menyatakan suku galat; maka penaksir kemungkinan maksimum atau penaksir-M (*M-estimator*) $\hat{\beta}_p$ untuk model dengan p parameter diperoleh dengan cara meminimumkan $\sum_i \rho(x_i, e_i) = \sum_i \rho(x_i, y_i - x_i^T \hat{\beta}_p)$ atau

mencari penyelesaian dari persamaan $\sum_i x_i \eta(x_i, y_i - x_i^T \hat{\beta}_p) = 0$, dimana $\eta(x, e) = \rho'(x, e)$ untuk berbagai fungsi konveks $\rho(x, e)$ yang dapat diturunkan dan memenuhi $\eta(x, 0) = 0$. Karena penduga $\hat{\beta}_p$ yang diperoleh ini bukan merupakan *skala invarian*, yaitu jika sisaan ($e_i = y_i - x_i^T \hat{\beta}_p$) digandakan dengan suatu konstanta, penyelesaian yang diperoleh menjadi tidak sama seperti sebelumnya, maka untuk mendapatkan skala invariant digunakan nilai $\frac{e_i}{\sigma}$ sebagai pengganti e_i , dimana σ adalah faktor skala yang juga perlu ditaksir. Dengan demikian persamaan $\sum_i x_i \eta(x_i, y_i - x_i^T \hat{\beta}_p) = 0$ dapat ditulis menjadi persamaan

$$\sum_i x_i \Psi\left(x_i, \frac{e_i}{\sigma}\right) = \sum_i x_i \Psi\left(x_i, \frac{y_i - x_i^T \hat{\beta}_\eta}{\sigma}\right) = \sum_i (y_i - x_i^T \hat{\beta}_\eta) x_i w_i = 0, \text{ dimana } w_i$$

adalah fungsi pembobot yang bernilai antara 0 dan 1 dengan

$$w_i = w\left(x_i, \frac{y_i - x_i^T \hat{\beta}_\eta}{\sigma}\right) = \frac{\Psi\left(x_i, \frac{e_i}{\sigma}\right)}{\frac{e_i}{\sigma}}. \text{ Secara umum pembobot } w_i \text{ dirumuskan}$$

$$\text{sebagai } w_i = w\left(x_i, \frac{y_i - x_i^T \hat{\beta}_\eta}{\sigma}\right) = w\left(x_i, \frac{e_i}{\sigma}\right) = \frac{\sigma v(x_i)}{e_i} \Psi_c\left(\frac{e_i}{\sigma v(x_i)}\right), \text{ dimana } \Psi_c$$

adalah *influence function* dan $v(x_i)$ adalah suatu fungsi yang tidak diketahui dan

tergantung pada x melalui leveragenya. Dengan menentukan nilai

$$v(x_i) = \frac{(1 - h_{ii})}{\sqrt{h_{ii}}} \text{ dan } \hat{\sigma} = s_{e_i} \text{ serta memilih fungsi Huber } \Psi_c \text{ yang berbentuk:}$$

$$\Psi_c\left(\frac{e_i}{\sigma v(x_i)}\right) = \begin{cases} c, & \text{jika } \frac{e_i}{\sigma v(x_i)} > c \\ \frac{e_i}{\sigma v(x_i)}, & \text{jika } \left|\frac{e_i}{\sigma v(x_i)}\right| \leq c \\ -c, & \text{jika } \frac{e_i}{\sigma v(x_i)} < -c \end{cases}$$

maka nilai pembobot w_i menjadi

tergantung pada kombinasi besarnya leverage dan studentized residual melalui DFFITS. Secara singkat nilai pembobot w_i dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$w_i = w\left(x_i, \frac{e_i}{\sigma}\right) = \min\left(\frac{2\sqrt{p/n}}{|DFFITS_i|}, 1\right)$$

Jadi persamaan $\sum_i (y_i - x_i^T \hat{\beta}_n) w_i x_i = 0$

dapat ditulis dalam bentuk matriks $X^T W X \beta = X^T W Y$ yang kita kenal sebagai persamaan normal kuadrat terkecil tertimbang dengan W adalah matriks diagonal yang berisi pembobot. Solusi persamaan normal tersebut akan memberikan taksiran untuk β yaitu: $\hat{\beta} = (X^T W X)^{-1} (X^T W Y)$ dan penaksir-M untuk β diperoleh dengan cara melakukan iterasi sampai diperoleh suatu hasil yang konvergen, cara ini biasa dikenal sebagai metode kuadrat terkecil tertimbang secara iteratif (*iteratively reweighted least square*). *dan disebut juga metode robust.*

Berdasarkan pembobot \hat{w}_i dan penaksir-M parameter $\hat{\beta}$, matriks kovarians untuk parameter $\hat{\beta}$ yakni Σ_n dapat didekati dengan persamaan berikut:

$$\Sigma_n = \frac{1}{n-p} (X^T D_1 X)^{-1} (X^T D_2 X) (X^T D_1 X)^{-1}$$

dimana D_1 adalah matriks diagonal

dengan elemen-elemen diagonalnya $\Psi_c\left(\frac{e_i}{\sigma v(x_i)}\right)$ dan D_2 adalah matriks

diagonal dengan elemen-elemen diagonalnya $w_i^2 c_i^2$. Selang kepercayaan

$(1-\alpha)100\%$ untuk parameter β diperoleh sebagai: $\hat{\beta} \pm z_{\alpha/2} s(\hat{\beta})$ (Staudte, 1990).

III. METODOLOGI

A. Data

Data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah:

1. data simulasi , yaitu data yang dibangkitkan dengan bantuan paket program MINITAB versi 11.12
2. data eksperimen, yaitu berupa data rata-rata panjang daun (cm) tanaman temulawak (*Curcuma xanthorrhiza roxb.*) pada umur 17 minggu yang diberi pupuk kandang pada berbagai taraf yaitu: tanpa pupuk, 0.5 kg/lubang, 1 kg/lubang dan ditanam pada variasi jarak tanam 60 x 40 cm dan 60 x 60 cm (Priono, 1988).

B. Metode

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah mencari galat (ϵ) yang memenuhi kriteria nilai rata-rata nol dan ragam tidak homogen. Galat tersebut dapat diperoleh dengan cara membangkitkan data. Pembangkitan galat dikelompokkan ke dalam tiga kelompok dengan setiap kelompok mempunyai rata-rata nol dan ragam berbeda-beda.

Langkah ke dua adalah menentukan nilai-nilai peubah bebas X_1 dan X_2 , karena X_1 dan X_2 adalah konstanta yang diketahui. Nilai-nilai dari koefisien regresi yaitu β diasumsikan dengan nilai tertentu. Dari nilai-nilai yang telah diketahui, dapat dicari nilai peubah respons sebagai $Y = X \beta + \epsilon$.

Langkah ke tiga adalah menguji apakah dari pasangan data X_1 , X_2 dan Y diperoleh ragam galat yang tidak homogen. Apabila hasil uji menyatakan ragam galat tidak homogen, maka pasangan data X_1 , X_2 dan Y dengan rata-rata galat nol dan ragam galat tidak homogen telah diperoleh.

Langkah ke empat, setelah pasangan data X_1 , X_2 dan Y yang mempunyai rata-rata galat nol dan ragam galat tidak homogen telah diperoleh, selanjutnya dilakukan pendugaan koefisien regresi dengan metode regresi-robust dan mencari selang kepercayaan bagi β .

Langkah ke lima, membandingkan antara lebar selang kepercayaan yang diperoleh metode regresi robust dengan lebar selang kepercayaan yang diperoleh metode OLS dan metode WLS.

Langkah ke enam adalah mengulang langkah ke empat dan ke lima untuk data eksperimen.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Simulasi

Sebanyak tiga kelompok galat ($\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$) dibangkitkan secara terpisah dengan software MINITAB, dimana masing-masing kelompok berisi sepuluh galat. Pada kelompok 1, galat dibangkitkan secara acak dari distribusi normal dengan mean 0 dan variansi 1. Pada kelompok 2, galat dibangkitkan secara acak dari distribusi normal dengan mean 0 dan variansi 9, dan Pada kelompok 3, galat dibangkitkan secara acak dari distribusi normal dengan mean 0 dan variansi 25. Adapun data dari ketiga puluh galat tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Data Galat

ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3
-0.02759	-0.08276	-0.13793
0.65870	1.97610	3.29350
-1.26903	-3.80709	-6.34514
1.83219	5.49658	9.16096
-0.50565	-1.51694	-2.52823
-1.03007	-3.09022	-5.15036
-1.35382	-4.06147	-6.76912
0.60968	1.82903	3.04839
0.54867	1.64601	2.74335
0.49285	1.47856	2.46427

Data galat gabungan (ϵ) dan peubah bebas X_1 dan X_2 hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 2. Dengan mengasumsikan $\beta_0 = 0$, $\beta_1 = 1$ dan $\beta_2 = 1$, maka diperoleh data $Y = X_1 + X_2 + \epsilon$. Pasangan data X_1 , X_2 dan Y dapat dilihat pada Tabel 2.

Dengan menggunakan pasangan data X_1 , X_2 dan Y , metode regresi robust memberikan penduga bagi koefisien regresi yaitu $\hat{\beta}_0 = 2.28129$, $\hat{\beta}_1 = 0.96812$ dan $\hat{\beta}_2 = 0.98205$. Sedangkan simpangan baku penduga koefisien regresinya mempunyai nilai dugaan $s(\hat{\beta}_0) = 1.72501$, $s(\hat{\beta}_1) = 0.02226$ dan $s(\hat{\beta}_2) = 0.01736$.

Tabel 2. Data Simulasi

Pengamatan	Y	X ₁	X ₂	ε
1.	100.972	48	53	-0.02759
2.	121.659	95	26	0.65870
3.	41.731	42	1	-1.26902
4.	109.832	62	46	1.83219
5.	55.494	34	22	-0.50565
6.	26.970	17	11	-1.03007
7.	111.646	23	90	-1.35382
8.	112.610	62	50	0.60968
9.	107.549	83	24	0.54867
10.	170.493	79	91	0.49285
11.	103.917	42	62	-0.08276
12.	32.976	18	13	1.97609
13.	121.193	89	36	-3.80707
14.	53.497	8	40	5.49658
15.	88.483	76	14	-1.51694
16.	34.910	2	36	-3.09022
17.	55.939	37	23	-4.06147
18.	95.829	5	89	1.82904
19.	50.646	21	28	1.64600
20.	138.479	48	89	1.47855
21.	170.862	83	88	-0.13793
22.	54.293	40	11	3.29348
23.	77.655	60	24	-6.34511
24.	67.161	30	28	9.16097
25.	134.472	37	100	-2.52823
26.	134.850	66	74	-5.15037
27.	144.231	69	82	-6.76911
28.	81.048	67	11	3.04840
29.	83.743	55	26	2.74334
30.	100.464	37	61	2.46426

* Jika dibandingkan nilai-nilai penduga bagi koefisien regresi yang diperoleh metode regresi robust dengan metode OLS dan metode WLS, tampak nilai-nilai

penduga bagi koefisien regresi yang diperoleh dengan metode regresi robust terletak diantara nilai-nilai penduga bagi koefisien regresi yang diperoleh dengan metode OLS dan metode WLS. Secara ringkas penduga koefisien regresi yang dihasilkan oleh ketiga metode tersebut disajikan dalam Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Penduga Koefisien Regresi Data Simulasi

Koefisien Regresi	OLS	WLS	Robust
$\hat{\beta}_0$	2.39600	-0.93610	2.28129
$\hat{\beta}_1$	0.96714	1.01526	0.96812
$\hat{\beta}_2$	0.98137	1.00305	0.98205

Demikian juga dengan simpangan baku penduga koefisien regresinya, pada Tabel 4 ditunjukkan bahwa nilai-nilai simpangan baku penduga koefisien regresi yang diperoleh dengan metode regresi robust terletak diantara nilai-nilai simpangan baku penduga bagi koefisien regresi yang diperoleh dengan metode OLS dan metode WLS.

Tabel 4. Simpangan Baku Penduga Koefisien Regresi Data Simulasi

Koefisien Regresi	OLS	WLS	Robust
$s(\hat{\beta}_0)$	1.55700	0.76870	1.72501
$s(\hat{\beta}_1)$	0.02383	0.01140	0.02226
$s(\hat{\beta}_2)$	0.02049	0.01005	0.01736

Lebar selang kepercayaan 95% untuk koefisien regresi yang diperoleh dengan metode OLS, metode WLS dan metode regresi robust disajikan dalam Tabel 5. Pada tabel tersebut tampak bahwa selang untuk koefisien regresi $\hat{\beta}_1$ dan $\hat{\beta}_2$ yang dihasilkan oleh metode regresi robust lebih sempit dibanding metode

OLS sedangkan metode WLS menghasilkan selang yang paling sempit diantara ketiga metode .

Tabel 5. Lebar Selang Kepercayaan 95% untuk Koefisien Regresi Data Simulasi

Koefisien Regresi	OLS	WLS	Robust
$\hat{\beta}_0$	6.3899	3.1548	7.0794
$\hat{\beta}_1$	0.0978	0.0468	0.0914
$\hat{\beta}_2$	0.0841	0.0413	0.0713

Lebar selang kepercayaan 99% untuk koefisien regresi yang diperoleh dengan metode OLS, metode WLS dan metode regresi robust disajikan dalam Tabel 6. Pada tabel tersebut tampak bahwa selang untuk koefisien regresi $\hat{\beta}_1$ dan $\hat{\beta}_2$ yang dihasilkan oleh metode regresi robust lebih sempit dibanding metode OLS sedangkan metode WLS menghasilkan selang yang paling sempit diantara ketiga metode . sedangkan lebar selang kepercayaan 99% untuk koefisien regresi yang diperoleh dengan metode OLS, metode WLS dan metode regresi robust disajikan dalam Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Lebar Selang Kepercayaan 99% untuk Koefisien Regresi Data Simulasi

Koefisien Regresi	OLS	WLS	Robust
$\hat{\beta}_0$	8.6289	4.2601	9.5600
$\hat{\beta}_1$	0.1321	0.0632	0.1234
$\hat{\beta}_2$	0.1136	0.0557	0.0962

Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan bahwa selang kepercayaan 95% untuk koefisien garis regresi lebih sempit dibanding selang kepercayaan 99% untuk koefisien garis regresi yang dihasilkan metode OLS, metode WLS dan metode regresi robust.

B. Hasil Eksperimen

Dengan menggunakan data eksperimen pada Tabel 7 tentang rata-rata panjang daun tanaman temulawak berumur 17 minggu (Y) yang diberi pupuk kandang pada tiga taraf (X_1) dan ditanam pada dua variasi jarak tanam (X_2), metode regresi robust memberikan penduga bagi koefisien regresi yaitu $\hat{\beta}_0 = 61.5178$, $\hat{\beta}_1 = 19.3309$ dan $\hat{\beta}_2 = -0.1394$. Sedangkan simpangan baku penduga koefisien regresinya mempunyai nilai dugaan $s(\hat{\beta}_0) = 12.8986$, $s(\hat{\beta}_1) = 6.7357$ dan $s(\hat{\beta}_2) = 0.2455$.

Tabel 7. Data Eksperimen

Pengamatan	Y	X_1	X_2
1.	52.90	0.0	40
2.	55.07	0.0	40
3.	55.73	0.0	40
4.	46.97	0.0	60
5.	48.00	0.0	60
6.	53.50	0.0	60
7.	69.00	0.5	40
8.	70.60	0.5	40
9.	64.40	0.5	40
10.	69.27	0.5	60
11.	71.03	0.5	60
12.	71.20	0.5	60
13.	72.13	1.0	40
14.	72.73	1.0	40
15.	77.90	1.0	40
16.	46.73	1.0	60
17.	73.93	1.0	60
18.	158.30	1.0	60

Jika konsentrasi pupuk digunakan sebagai pembobot pada metode WLS, maka nilai-nilai penduga bagi koefisien regresi yang diperoleh dengan metode OLS, metode WLS dan metode regresi robust disajikan dalam Tabel 8 berikut ini.

Tabel 8. Penduga Koefisien Regresi Data Eksperimen dengan Konsentrasi Pupuk sebagai Pembobot

Koefisien Regresi	OLS	WLS	Robust
$\hat{\beta}_0$	39.0400	54.0710	61.5178
$\hat{\beta}_1$	31.5900	34.3810	19.3309
$\hat{\beta}_2$	0.2693	-0.0406	-0.1394

Pada Tabel 9 ditunjukkan bahwa nilai-nilai simpangan baku penduga koefisien regresi yang diperoleh dengan metode regresi robust terletak diantara nilai-nilai simpangan baku penduga bagi koefisien regresi yang diperoleh dengan metode OLS dan metode WLS.

Tabel 9. Simpangan Baku Penduga Koefisien Regresi Data Eksperimen dengan Konsentrasi Pupuk sebagai Pembobot

Koefisien Regresi	OLS	WLS	Robust
$s(\hat{\beta}_0)$	27.2500	4.2910	12.8986
$s(\hat{\beta}_1)$	12.7300	3.2870	6.7357
$s(\hat{\beta}_2)$	0.5197	0.0822	0.2455

Lebar selang kepercayaan 95% untuk koefisien regresi yang diperoleh dengan metode OLS, metode WLS dan metode regresi robust disajikan dalam Tabel 10. Pada tabel tersebut tampak bahwa selang kepercayaan untuk koefisien regresi $\hat{\beta}_1$ dan $\hat{\beta}_2$ yang dihasilkan oleh metode regresi robust lebih sempit dibanding metode OLS sedangkan metode WLS menghasilkan selang yang paling sempit diantara ketiga metode.

Tabel 10. Lebar Selang Kepercayaan 95% untuk Koefisien Regresi Data Eksperimen dengan Konsentrasi Pupuk sebagai Pembobot

Koefisien Regresi	OLS	WLS	Robust
$\hat{\beta}_0$	116.1395	18.2882	54.9738
$\hat{\beta}_1$	54.2553	14.0092	28.7076
$\hat{\beta}_2$	2.2150	0.3502	1.0463

Lebar selang kepercayaan 99% untuk koefisien regresi yang diperoleh dengan metode OLS, metode WLS dan metode regresi robust disajikan dalam Tabel 11. Pada tabel tersebut tampak bahwa selang kepercayaan untuk koefisien regresi $\hat{\beta}_1$ dan $\hat{\beta}_2$ yang dihasilkan oleh metode regresi robust lebih sempit dibanding metode OLS sedangkan metode WLS menghasilkan selang yang paling sempit diantara ketiga metode.

Tabel 11. Lebar Selang Kepercayaan 99% untuk Koefisien Regresi Data Eksperimen dengan Konsentrasi Pupuk sebagai Pembobot

Koefisien Regresi	OLS	WLS	Robust
$\hat{\beta}_0$	160.6115	25.2912	76.0244
$\hat{\beta}_1$	75.0306	19.3736	39.7002
$\hat{\beta}_2$	3.0631	0.4845	1.4470

Tabel 10 dan Tabel 11 menunjukkan bahwa selang kepercayaan 95% untuk koefisien garis regresi lebih sempit dibanding selang kepercayaan 99% untuk koefisien garis regresi yang dihasilkan metode OLS, metode WLS dan metode regresi robust.

Jika digunakan jarak tanam sebagai pembobot pada metode WLS, maka nilai-nilai penduga bagi koefisien regresi yang diperoleh dengan metode OLS, metode WLS dan metode regresi robust disajikan dalam Tabel 12 berikut ini.

Tabel 12. Penduga Koefisien Regresi Data Eksperimen dengan Jarak Tanam sebagai Pembobot

Koefisien Regresi	OLS	WLS	Robust
$\hat{\beta}_0$	39.0400	44.8700	61.5178
$\hat{\beta}_1$	31.5900	19.9330	19.3309
$\hat{\beta}_2$	0.2693	0.2693	-0.1394

Pada Tabel 13 ditunjukkan bahwa nilai-nilai simpangan baku penduga koefisien regresi yang diperoleh dengan metode regresi robust terletak diantara nilai-nilai simpangan baku penduga bagi koefisien regresi yang diperoleh dengan metode OLS dan metode WLS. Khusus untuk $\hat{\beta}_0$, metode regresi robust menghasilkan simpangan baku paling kecil diantara ketiga metode.

Tabel 13. Simpangan Baku Penduga Koefisien Regresi Data Eksperimen dengan Jarak Tanam sebagai Pembobot

Koefisien Regresi	OLS	WLS	Robust
$s(\hat{\beta}_0)$	27.2500	20.9600	12.8986
$s(\hat{\beta}_1)$	12.7300	2.5750	6.7357
$s(\hat{\beta}_2)$	0.5197	0.5198	0.2455

Lebar selang kepercayaan 95% untuk koefisien regresi yang diperoleh dengan metode OLS, metode WLS dan metode regresi robust disajikan dalam Tabel 14. Pada tabel tersebut tampak bahwa selang untuk koefisien regresi yang dihasilkan oleh metode regresi robust lebih sempit dibanding metode OLS sedangkan metode WLS menghasilkan selang yang paling sempit diantara ketiga metode kecuali pada selang kepercayaan untuk $\hat{\beta}_2$, dimana metode regresi robust menghasilkan selang paling sempit diantara ketiga metode tersebut.

Tabel 14. Lebar Selang Kepercayaan 95% untuk Koefisien Regresi Data Eksperimen dengan Jarak Tanam sebagai Pembobot

Koefisien Regresi	OLS	WLS	Robust
$\hat{\beta}_0$	116.1395	89.3315	54.9738
$\hat{\beta}_1$	54.2553	10.9747	28.7076
$\hat{\beta}_2$	2.2150	2.2154	1.0463

Lebar selang kepercayaan 99% untuk koefisien regresi yang diperoleh dengan metode OLS, metode WLS dan metode regresi robust disajikan dalam

Tabel 15. Pada tabel tersebut tampak bahwa selang untuk koefisien regresi yang dihasilkan oleh metode regresi robust lebih sempit dibanding metode OLS sedangkan metode WLS menghasilkan selang yang paling sempit diantara ketiga metode kecuali pada selang untuk $\hat{\beta}_2$, dimana metode regresi robust menghasilkan selang paling sempit diantara ketiga metode tersebut.

Tabel 15. Lebar Selang Kepercayaan 99% untuk Koefisien Regresi Data Eksperimen dengan Jarak Tanam sebagai Pembobot

Koefisien Regresi	OLS	WLS	Robust
$\hat{\beta}_0$	160.6115	123.5382	76.0244
$\hat{\beta}_1$	75.0306	15.1771	39.7002
$\hat{\beta}_2$	3.0631	3.0637	1.4470

Tabel 14 dan Tabel 15 menunjukkan bahwa selang kepercayaan 95% untuk koefisien garis regresi lebih sempit dibanding selang kepercayaan 99% untuk koefisien garis regresi yang dihasilkan metode OLS, metode WLS dan metode regresi robust.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Baik metode OLS, metode WLS, dan metode regresi robust memberikan selang kepercayaan 95% untuk koefisien garis regresi lebih sempit dibanding selang kepercayaan 99% untuk koefisien garis regresi, hal ini disebabkan karena semakin tinggi koefisien kepercayaan yang digunakan, maka nilai sebaran t dan z nya semakin besar.

Lebar selang yang dihasilkan oleh metode regresi robust secara keseluruhan lebih sempit dibanding selang yang dihasilkan metode OLS tetapi sedikit lebih lebar dibanding selang yang dihasilkan metode WLS.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mendapatkan pembobot yang lebih sesuai pada metode regresi robust dalam menangani kasus kehomogenan ragam galat pada data.

ketidakhomogenan

DAFTAR PUSTAKA

- Gujarati, D.N.** 1988. *Basic Econometrics*. 2nd ed. Singapore: Mc.Graw Hill.
- Koopmans, L.H.** 1987. *Introduction to Contemporary Statistical Methods*. 2nd ed.
Boston: PWS.
- Montgomery, D.C. & Peck, E.A.** (1992). *Introduction to Linear Regression Analysis*. 2nd ed. New York: Wiley.
- Neter, J & Wasserman, W.** 1990. *Applied Linear Statistical Models*. 3rd ed .
Homewood, Illinois: Irwin
- Priono, M.** (1988). *Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang & Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan Tanaman Temulawak (Curcuma Xanthorrhiza Roxb.)*. Skripsi yang tidak dipublikasikan. Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Staudte, R.G. & Sheather, S.J.** 1990. *Robust Estimation and Testing*. New York: Wiley.
- Sugiarti, H. & Megawarni, A.** 2001. *Selang Kepercayaan untuk Koefisien Garis Regresi Jika Ragam Galat Tidak Homogen dengan Metode OLS dan WLS*. Jakarta: Lembaga Penelitian Universitas Terbuka.