

ESTIMASI PARAMETER REGRESI ROBUST DENGAN METODE ESTIMASI LEAST TRIMMED SQUARES (LTS) PADA KEMATIAN IBU DI INDONESIA

Chendy Dea Andriany¹, Yuliana Susanti², Sugiyanto³

^{1,2,3}Jurusan Statistika FMIPA, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

e-mail :¹chendydea95@student.uns.ac.id,²yulianasusanti@staff.uns.ac.id,³sugiyanto61@staff.uns.ac.id

ABSTRACT

Regression analysis is used to determine the relation between the dependent variable and the independent variable. Ordinary least squares is often used to estimate the regression coefficient. Ordinary least squares (OLS) must meet the classical assumption tests, they are assumption of normality, assumption of non multicollinearity, assumption of non autocorrelation, and assumption of non heteroscedasticity. However, in some cases the normality assumption is often not meet. The non fulfillment of the normality assumption is caused by the presence of outliers. OLS is not suitable to estimate regression parameters on data containing outliers. Therefore, robust method is needed. Robust regression has several estimation methods, including the Least Trimmed Square (LTS) estimation. LTS estimation has the basic principle of minimizing the number of squared h residual. This estimate has a high breakdown point compared to other estimates. The estimated breakdown point value of LTS is 50%. This study aims to determine the parameter estimation of the robust regression model using the LTS estimation method on the number of maternal deaths in Indonesia in 2019 using the number of hypertension in pregnancy as the independent variable X_1 , the percentage of women get the K1 program as an independent variable X_2 , percentage of childbirth assisted by health personnel as the independent variable X_3 , and the number of pregnant women who are HIV positive as the independent variable X_4 . The results of this study obtained parameter estimates are (109,785; 2,979; -0,604; -0,390; 0,036).

Keywords : estimation LTS, outlier, robust regression

INTISARI

Analisis regresi digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel dependen dengan variabel independen. Salah satu tujuan analisis regresi yaitu untuk mengestimasi koefisien regresi. Metode Kuadrat Terkecil (MKT) merupakan metode yang sering digunakan untuk mengestimasi koefisien regresi. Penggunaan MKT harus memenuhi uji asumsi klasik, yaitu asumsi normalitas, asumsi non multikolinearitas, asumsi non autokorelasi, dan asumsi non heteroskedastisitas. Namun, pada beberapa kasus sering ditemui asumsi normalitas tidak terpenuhi. Tidak terpenuhinya asumsi normalitas disebabkan oleh kehadiran pencilan (outlier). MKT untuk mengestimasi parameter regresi pada data yang mengandung pencilan (outlier) kurang tepat digunakan. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu metode yang kekar terhadap kehadiran pencilan (outlier) yang disebut metode regresi robust. Regresi robust mempunyai beberapa metode estimasi diantaranya yaitu estimasi Least Trimmed Squares (LTS). Estimasi LTS memiliki prinsip dasar meminimumkan jumlah kuadrat h residual. Estimasi ini memiliki breakdown point yang tinggi dibandingkan estimasi yang lain. Nilai breakdown point estimasi LTS sebesar 50%. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan estimasi parameter model regresi robust menggunakan metode estimasi LTS pada data jumlah kematian ibu di Indonesia tahun 2019 dengan menggunakan jumlah penderita hipertensi dalam kehamilan sebagai variabel independen X_1 , persentase ibu hamil mendapatkan pelayanan K1 sebagai variabel independen X_2 , persentase persalinan ditolong oleh tenaga kesehatan sebagai variabel independen X_3 , dan jumlah ibu hamil positif HIV sebagai variabel independen X_4 . Hasil dari penelitian ini diperoleh estimasi parameter model regresi robust menggunakan metode estimasi LTS adalah (109,785; 2,979; -0,604; -0,390; 0,036).

Kata kunci : estimasi LTS, pencilan, regresi robust

1. PENDAHULUAN

Angka Kematian Ibu (AKI) adalah rasio kematian ibu pada masa kehamilan, persalinan dan nifas yang disebabkan oleh kehamilan, persalinan, dan nifas tetapi bukan karena sebab - sebab lain seperti kecelakaan atau insidental setiap 100.000 kelahiran hidup (Kementerian Kesehatan RI, 2020). Target *Sustainable Development Goals* (SDGs) 2030 dapat menurunkan Angka Kematian Ibu (AKI) menjadi 70 per 100.000 kelahiran hidup. AKI tahun 2015 tercatat ada 305 per 100.000 kelahiran hidup padahal target *Millenium Development Goals* (MDGs) tahun 2015 adalah 102 per 100.000 kelahiran hidup (Bappenas, 2014). Tingginya kematian ibu disebabkan oleh

beberapa faktor, diantaranya hipertensi dalam kehamilan menjadi tiga besar penyebab kematian ibu di Indonesia (Kementerian Kesehatan RI, 2020). Faktor lain yang berpengaruh signifikan terhadap kematian ibu adalah persentase ibu hamil mendapatkan pelayanan K1 (Qomariyah, 2013) dan persentase persalinan ditolong oleh tenaga kesehatan (Permana, 2015) serta terjadi peningkatan ibu hamil positif HIV dari tahun 2018 sampai 2019 yaitu 5.074 kasus menjadi 6.439 kasus (Kementerian Kesehatan RI, 2020).

Salah satu cara agar dapat menurunkan AKI adalah dengan cara mencari faktor penyebab tingginya kematian ibu. Faktor-faktor penyebab kematian ibu dapat dimodelkan dengan analisis regresi. Analisis regresi merupakan suatu analisis yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel dependen dan variabel independen (Sembiring, 1995). Salah satu tujuan analisis regresi yaitu untuk mengestimasi koefisien regresi. Metode yang sering digunakan untuk mengestimasi koefisien regresi adalah Metode Kuadrat Terkecil (MKT). MKT harus memenuhi beberapa asumsi, yaitu asumsi normalitas, asumsi non multikolinearitas, asumsi non autokorelasi, dan asumsi non heteroskedastisitas.

Data jumlah kematian ibu di Indonesia asumsi normalitas tidak terpenuhi. Tidak terpenuhinya asumsi normalitas dikarenakan adanya pencilan. Pencilan terhadap variabel dependen ada pada data ke-16, data ke-18 dan data ke-19 sedangkan data ke-12, data ke-13, data ke-31, dan data ke-34 merupakan pencilan terhadap variabel independen. Pencilan merupakan data pengamatan yang tidak mengikuti pola umum data. Tindakan membuang pencilan merupakan tindakan yang keliru karena bisa jadi pencilan tersebut memuat informasi yang penting (Sembiring, 1995).

Penggunaan MKT kurang tepat digunakan jika data terdapat pencilan sehingga dibutuhkan metode yang kekar terhadap kehadiran pencilan. Metode ini disebut metode regresi *robust*. Regresi *robust* memiliki beberapa metode estimasi yaitu estimasi *Scale* (S), estimasi *Method of Moments* (MM), estimasi *Least Median of Squares* (LMS), dan estimasi *Least Trimmed Squares* (LTS) (Chen, 2002).

Pada penelitian ini digunakan metode regresi *robust* menggunakan estimasi LTS karena metode ini memiliki nilai *breakdown point* yang tinggi dibandingkan metode estimasi yang lain. Nilai *breakdown point* metode LTS mencapai 50%. *Breakdown point* merupakan ukuran umum proporsi pencilan yang dapat ditangani sebelum pengamatan tersebut mempengaruhi model (Chen, 2002). Prinsip dasar dari estimasi LTS sama seperti MKT yaitu meminimumkan jumlah kuadrat sisaan, hanya saja estimasi LTS meminimumkan jumlah kuadrat sisaan dari h pengamatan.

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan estimasi parameter model regresi *robust* dengan estimasi LTS pada data jumlah kematian ibu di Indonesia dengan variabel dependen adalah jumlah kematian ibu di Indonesia sedangkan variabel independen adalah jumlah penderita hipertensi dalam kehamilan (X_1), persentase ibu hamil mendapatkan pelayanan K1 (X_2), persentase persalinan ditolong oleh tenaga kesehatan (X_3), dan jumlah ibu hamil positif HIV (X_4).

Penelitian yang relevan yaitu penelitian yang pernah dilakukan oleh Nurcahyadi (2010) yang membandingkan estimasi LTS dan estimasi MM. Metode estimasi yang paling baik digunakan yaitu estimasi LTS. Penelitian selanjutnya oleh Perihatini (2018) yang membandingkan estimasi LTS, estimasi M, dan estimasi S. Metode estimasi yang paling baik digunakan untuk mengatasi pencilan adalah estimasi LTS.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang didapatkan dari Profil Kesehatan Indonesia tahun 2019 (Kementerian Kesehatan RI, 2020). Variabel dependen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu jumlah kematian ibu di Indonesia tahun 2019 dan variabel independen yang digunakan meliputi jumlah penderita hipertensi dalam kehamilan (X_1), persentase ibu hamil mendapatkan pelayanan K1 (X_2), persentase persalinan ditolong oleh tenaga kesehatan (X_3), dan jumlah ibu hamil positif HIV (X_4).

2.2. Langkah-langkah Penelitian

Tahapan analisis pada penelitian ini yaitu

1. Mengestimasi koefisien regresi dengan Metode Kuadrat Terkecil (MKT).

Metode Kuadrat Terkecil mempunyai prinsip dasar yaitu meminimumkan jumlah kuadrat residual (Sembiring, 1995)

$$J = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_k X_{ik})^2 \quad (1)$$

Dengan menurunkan persamaan (1) terhadap $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ dan menyamakannya dengan nol akan diperoleh seperti persamaan (2)

$$\hat{y}_i = b_0 + b_1 x_{i1} + \dots + b_k x_{ik} \quad (2)$$

2. Melakukan uji asumsi klasik diantaranya

a. Uji asumsi normalitas

Uji normalitas digunakan untuk menguji apakah residu berdistribusi normal. Salah satu cara untuk mendeteksi uji normalitas yaitu dengan uji *Kolmogorov Smirnov* (Gujarati, 2003). Uji ini didasarkan nilai D pada persamaan (3)

$$D = |F_0(X_i) - S_n(X_i)|, i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

b. Uji asumsi non multikolinearitas

Menurut (Montgomery & Peck, 2012), salah satu cara yang digunakan untuk mendeteksi multikolinearitas dengan *Variance Inflation Factors* (VIF). Nilai VIF > 10 menunjukkan multikolinearitas yang kuat.

c. Uji asumsi non autokorelasi

Menurut (Gujarati, 2003), uji autokorelasi dapat dideteksi dengan uji *Durbin Watson*, yang didefinisikan pada persamaan (4)

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (4)$$

d. Uji asumsi non heteroskedastisitas

Menurut (Gujarati, 2003), uji homoskedastisitas dapat dideteksi dengan uji *Glejser* dimana uji ini meregresikan *absolute* dari \hat{u}_i pada variabel X .

3. Pendeteksian pencilan

Pencilan terhadap variabel dependen dideteksi dengan *studentized deleted residual (TRES)* sedangkan pencilan terhadap variabel independen dideteksi dengan nilai *leverage* (Draper & Smith, 1998). Hipotesis yang digunakan yaitu H_0 : data bukan merupakan pencilan dan H_1 : data merupakan pencilan. H_0 ditolak jika $|TRES| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-k-1}$ untuk pencilan terhadap variabel dependen dan H_0 ditolak jika $h_{ii} > \frac{2p}{n}$ untuk pencilan terhadap variabel independen.

4. Mengestimasi *Least Trimmed Squares (LTS)*

Estimasi LTS memiliki *breakdown point* yang tinggi mencapai 50%. Breakdown point adalah ukuran umum proporsi pencilan sebelum pengamatan tersebut mempengaruhi model (Chen, 2002). Prinsip dasar dari estimasi LTS adalah meminimumkan jumlah kuadrat h residual (fungsi objektif) (Rousseeuw & Yohai, 1984). Estimasi LTS didefinisikan pada persamaan (5)

$$\min \sum_{i=1}^h e_i^2 \quad (5)$$

dengan h

$$h = \left\lfloor \frac{n}{2} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{p+1}{2} \right\rfloor \quad (6)$$

dimana

e_i^2 : kuadrat sisaan diurutkan dari yang terkecil hingga terbesar

$$e_{(1)}^2 \leq e_{(2)}^2 \leq \dots \leq e_{(n)}^2 \quad (7)$$

n : jumlah pengamatan

p : jumlah parameter.

Algoritma estimasi LTS adalah sebagai berikut :

- a. Mengestimasi koefisien regresi dengan MKT
- b. Menghitung nilai sisaan e_i

- c. Menghitung e_i^2 dan menghitung nilai $h = \left[\frac{n}{2} \right] + \left[\frac{p+1}{2} \right]$
- d. Menghitung nilai estimasi $\hat{\beta}_{LTS}$
- e. Melakukan estimasi parameter parameter $b_{baru(i)}$ dari $h_{baru(i)}$
- f. Menentukan e_i^2 dari $h_{baru(i)}$
- g. Menghitung nilai estimasi $\hat{\beta}_{LTS(baru)}$
- h. Mengulangi langkah (e) sampai langkah (g) untuk mendapatkan fungsi objektif yang kecil dan konvergen

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Metode Kuadrat Terkecil (MKT)

Koefisien regresi dari MKT digunakan sebagai nilai awal untuk menduga koefisien regresi *robust* estimasi LTS. Hasil estimasi parameter menggunakan MKT pada data jumlah kematian ibu di Indonesia, yaitu

$$\hat{Y} = 98,6 + 2,987 X_1 - 0,369 X_2 - 0,468 X_3 + 0,0322 X_4 \quad (8)$$

dengan $R^2 = 98,67\%$ dan $s = 17,6186$, berarti variabel independen yang digunakan yaitu jumlah penderita hipertensi dalam kehamilan (X_1), persentase ibu hamil mendapatkan pelayanan K1 (X_2), persentase persalinan ditolong oleh tenaga kesehatan (X_3), dan jumlah ibu hamil positif HIV (X_4) mampu menjelaskan sebesar 98,67% variasi variabel dependen yaitu jumlah kematian ibu (Y) sedangkan sisanya sebesar 1,33% dijelaskan variabel lain yang tidak ada dalam model. Model regresi (8) menunjukkan bahwa peningkatan satu satuan jumlah penderita hipertensi dalam kehamilan (X_1) dan jumlah ibu hamil positif HIV (X_4) akan meningkatkan jumlah kematian ibu (Y) masing-masing sebesar 2,987 dan 0,0322. Peningkatan satu satuan persentase ibu hamil mendapatkan pelayanan K1 (X_2) dan persentase persalinan ditolong oleh tenaga kesehatan (X_3) akan mengurangi jumlah kematian ibu (Y) masing-masing sebesar 0,369 dan 0,468.

3.2. Uji Asumsi Klasik

MKT harus memenuhi beberapa asumsi klasik yaitu asumsi normalitas, asumsi non multikolinearitas, asumsi non autokorelasi, dan asumsi non heteroskedastisitas. Hasil pengujian asumsi klasik pada data jumlah kematian ibu di Indonesia ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Asumsi Klasik

No	Asumsi Klasik	Kesimpulan
1	Normalitas	Tidak dipenuhi
2	Non Multikolinearitas	Dipenuhi
3	Non Autokorelasi	Dipenuhi
4	Non Heteroskedastisitas	Dipenuhi

Berdasarkan Tabel 1, semua asumsi klasik dipenuhi kecuali asumsi normalitas. Asumsi normalitas tidak terpenuhi karena adanya pencilan.

3.3. Pendeteksian Pencilan

Menurut Draper & Smith (1998), pencilan pada variabel dependen dapat dideteksi menggunakan *studentized deleted residual* ($TRES$) dan leverage point (h_i)

Tabel 2. Hasil uji $|TRES|$ dan h_i

Pengamatan	$ TRES $	t_{tabel}	h_{ii}	$2p/n$
12			0.621712	0.294
13			0.756657	0.294
31			0.388713	0.294
34			0.513927	0.294
16	2.20706	2.045		
18	2.57416	2.045		
19	2.64692	2.045		

Data dikatakan pencilan apabila $|TRES| > t_{\alpha, n-k-1} = t_{0,025,29} = 2,045$. Hasil yang diperoleh berdasarkan Tabel 2 yaitu data ke-16, data ke-18 dan data ke-19 merupakan pencilan terhadap variabel dependen.

Pencilan pada variabel independen dapat dideteksi dengan nilai *leverage* (h_i). Data dikatakan pencilan apabila $h_{ii} > \frac{2p}{n} = 0,294$. Hasil yang diperoleh yaitu data ke-12, data ke-13, data ke-31, dan data ke-34 merupakan pencilan terhadap variabel independen.

3.4. Model Regresi *Robust* Estimasi *Least Trimmed Squares* (LTS)

Proses perhitungan estimasi LTS dimulai dengan mengestimasi koefisien regresi menggunakan MKT yang diperoleh pada persamaan (8). Berdasarkan algoritma estimasi LTS, model regresi awal digunakan untuk mendapatkan sisaan (e_i^2) dimana kuadrat sisaan tersebut diurutkan dari terkecil sampai terbesar. Kemudian dilakukan perhitungan terhadap h pengamatan. Pengambilan h_{baru} terus dilakukan hingga konvergen.

Tabel 3. Nilai $h, \hat{\beta}_{LTS}$ dan E_{LTS}^2 tiap iterasi estimasi LTS

Iterasi	h	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$
0	34	98,6	2,987	-0,369	-0,468	0,0322
1	20	101,3	2,9790	-0,424	-0,473	0,03311
2	13	106,38	2,9709	-0,527	-0,434	0,03666
3	10	109,48	2,9703	-0,544	-0,446	0,03664
4	8	109,83	2,97689	-0,5723	-0,4224	0,03649
5	7	109,78	2,97876	-0,6044	-0,3904	0,03639
6	7	109,78	2,97876	-0,6044	-0,3904	0,03639

Tabel 3 menunjukkan bahwa koefisien regresi konvergen pada iterasi ke-6. Model regresi yang diperoleh menggunakan regresi *robust* estimasi (LTS)

$$\hat{Y} = 109,78 + 2,97876X_1 - 0,6044X_2 - 0,3904X_3 + 0,03639X_4 \quad (9)$$

dengan $R^2 = 100,00\%$ dan nilai $s = 0,971563$, yang berarti variabel independen yang digunakan yaitu jumlah penderita hipertensi dalam kehamilan (X_1), persentase ibu hamil mendapatkan pelayanan K1 (X_2), persentase persalinan ditolong oleh tenaga kesehatan (X_3), dan jumlah ibu hamil positif HIV (X_4) mampu menjelaskan sebesar 100,00% variasi variabel dependen yaitu jumlah kematian ibu (Y).

Model regresi (9) akan diuji signifikansi model yang terdiri dari uji serentak (uji F) dan uji parsial (uji t). Hipotesis yang digunakan pada uji serentak adalah $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$ (jumlah penderita hipertensi dalam kehamilan, persentase ibu hamil mendapatkan pelayanan K1, persentase persalinan ditolong tenaga kesehatan, dan jumlah ibu hamil positif HIV tidak berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian ibu) dan $H_1 = \beta_j \neq 0$ untuk $j = 1, 2, 3, 4$ (paling tidak terdapat satu dari jumlah penderita hipertensi dalam kehamilan, persentase ibu hamil mendapatkan pelayanan K1, persentase persalinan ditolong tenaga kesehatan, dan jumlah ibu hamil positif HIV berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian ibu). Berdasarkan hasil analisis diperoleh P -value sebesar 0,000. Hal ini berarti P -value ($0,000$) $< \alpha$ ($0,05$) maka H_0 ditolak yang berarti paling tidak terdapat satu dari jumlah penderita hipertensi dalam kehamilan, persentase ibu hamil mendapatkan pelayanan K1, persentase persalinan ditolong tenaga kesehatan, dan jumlah ibu hamil positif HIV berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian ibu. Kemudian dilakukan uji parsial dengan hipotesis yang digunakan $H_0 = \beta_j = 0$ untuk $j = 1, 2, 3, 4$ dan $H_1 = \beta_j \neq 0$ untuk $j = 1, 2, 3, 4$. Daerah kritisnya yaitu H_0 ditolak apabila P -value $< \alpha$ ($0,05$). Hasil dari uji parsial ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Parsial (Uji t)

No	Variabel	P -value	Kesimpulan
1	X_1	0,000	Signifikan
2	X_2	0,014	Signifikan
3	X_3	0,028	Signifikan
4	X_4	0,001	Signifikan

Berdasarkan Tabel 4, semua variabel independen yaitu jumlah penderita hipertensi dalam kehamilan (X_1), persentase ibu hamil mendapatkan pelayanan K1 (X_2), persentase persalinan ditolong oleh tenaga kesehatan (X_3), dan jumlah ibu hamil positif HIV (X_4) berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian ibu (Y)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan diperoleh hasil estimasi jumlah kematian ibu di Indonesia menggunakan regresi estimasi LTS sebagai berikut

$$\hat{Y} = 109,78 + 2,97876X_1 - 0,6044X_2 - 0,3904X_3 + 0,03639X_4$$

dengan $R^2 = 100,00\%$ dan nilai $s = 0,575377$, yang berarti variabel independen yang digunakan yaitu jumlah penderita hipertensi dalam kehamilan (X_1), persentase ibu hamil mendapatkan pelayanan K1 (X_2), persentase persalinan ditolong oleh tenaga kesehatan (X_3), dan jumlah ibu hamil positif HIV (X_4) mampu menjelaskan sebesar 100,00% variasi variabel dependen yaitu jumlah kematian ibu (Y). Semua variabel independen yang digunakan yaitu jumlah penderita hipertensi dalam kehamilan (X_1), persentase ibu hamil mendapatkan pelayanan K1 (X_2), persentase persalinan ditolong oleh tenaga kesehatan (X_3), dan jumlah ibu hamil positif HIV (X_4) berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian ibu (Y).

DAFTAR PUSTAKA

- Bappenas. (2014). *Laporan Pencapaian Tujuan Pembangunan Milenium di Indonesia 2014*. Bappenas.
- Chen, C. (2002). *Robust Regression and Outlier Detection with the ROBUSTREG Procedure*. Paper 265-27. North Carolina: SAS Institute Inc.
- Draper, N. R., & Smith, H. (1998). *Applied Regression Analysis*. John Wiley & Sons. New York: Wiley Interscience Publication.
- Gujarati, D. N. (2003). *Basic Econometrics*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Kementerian Kesehatan RI. (2020). *Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2019*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Montgomery, D. C., & Peck, E. A. (2012). *Introduction to Linear Regression Analysis*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Nurchayadi, H. (2010). *Analisis Regresi Pada Data Outlier dengan Menggunakan Least Trimmed Square (LTS) dan MM-Estimasi*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Perihatini, D. I. (2018). *Perbandingan Metode Estimasi LTS, Estimasi M, dan Estimasi S Pada Regresi Robust*. Universitas Islam Indonesia.
- Permana, R. R. A. (2015). *Pemodelan Jumlah Kematian Ibu di Jawa Timur dengan Pendekatan Generalized Poisson Regression (GPR) dan Regresi Binomial Negatif*. Institut Teknologi Sepuluh Noverber.
- Qomariyah, N. (2013). *Pemodelan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Kematian Ibu di Jatim dengan Pendekatan GWPR (Geographically Weighted Poisson Regression) Ditinjau dari Segi Fasilitas Kesehatan*. Institut Teknologi Sepuluh Noverber.
- Rousseeuw, P., & Yohai, V. (1984). Robust Regression By Means of S estimators. *Robust and Nonlinear Time Series Analysis*, 26, 256–272. New York.
- Sembiring, R. K. (1995). *Analisis Regresi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.