

Pemodelan Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar AS Menggunakan *Ridge Regression* dengan Koreksi Autokorelasi Prais Winsten

Anni Ivoni Parapa¹, Raupong^{2*}, A. Muthiah Nur Angriany³

^{1,2,3}Departemen Statistika, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar,
90245, Indonesia

*Corresponding author, email: raupong.stat.uh@gmail.com

Abstract

Linear regression is a statistical method used to analyze the relationship between dependent and independent variables. Parameter estimation is generally obtained through the Ordinary Least Square (OLS) method, which produces unbiased and efficient estimates. However, the presence of multicollinearity and autocorrelation can render OLS estimates suboptimal. The Ridge Regression method combined with Prais Winsten correction can to produce more accurate parameter estimates than OLS. Unlike the subjective approach in determining the bias constant (K) through Ridge Trace, this study determines the optimal K value by minimizing the Mean Square Error (MSE). The results show that the Ridge Regression model with Prais Winsten autocorrelation correction has an Adjusted R^2 of 78% and a Root Mean Square Error (RMSE) of Rp364,389. Four independent variables are found to have a significant effect on the exchange rate of the Indonesian Rupiah against the United States Dollar (USD), namely money supply, interest rate, exports, and imports.

Keywords: Autocorrelation, Multicollinearity, Prais Winsten, Ridge Regression, Rupiah Exchange Rate Against the US Dollar.

Abstrak

Regresi linear merupakan metode statistik yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara variabel dependen dan independen. Estimasi parameter umumnya diperoleh melalui metode *Ordinary Least Square* (OLS) yang menghasilkan estimasi tak bias dan efisien. Namun, keberadaan multikolinearitas dan autokorelasi dapat menyebabkan estimasi OLS menjadi tidak optimal. Metode *Ridge Regression* yang dikombinasikan dengan Prais Winsten dapat memberikan estimasi parameter lebih akurat dibanding OLS. Berbeda dengan pendekatan subjektif dalam penentuan nilai tetapan bias (K) melalui *Ridge Trace*, penelitian ini menentukan nilai K secara optimal melalui minimisasi *Mean Square Error* (MSE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *Ridge Regression* dengan koreksi autokorelasi Prais Winsten memiliki nilai *Adjusted R²* sebesar 78% dan *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar Rp364.389. Empat variabel independen terbukti berpengaruh signifikan terhadap nilai tukar Rupiah terhadap Dolar Amerika Serikat (USD), yaitu jumlah uang beredar, suku bunga acuan, ekspor, dan impor.

Kata Kunci: Autokorelasi, Multikolinearitas, Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dolar Amerika Serikat, Prais Winsten, *Ridge Regression*.

1. Pendahuluan

Regresi linear merupakan salah satu metode statistik yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara variabel dependen dan satu atau lebih variabel independen. Estimasi parameter dalam regresi linear umumnya dilakukan menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS) yang menghasilkan estimasi tak bias dengan varians

minimum di bawah asumsi-asumsi klasik, seperti normalitas, homoskedastisitas, tidak adanya autokorelasi, dan tidak adanya multikolinearitas [1]. Namun, apabila asumsi-asumsi tersebut tidak terpenuhi, maka estimasi parameter yang dihasilkan oleh OLS dapat menjadi tidak valid dan kurang akurat.

Pada data runtun waktu (*time series*), salah satu asumsi yang sering dilanggar adalah autokorelasi, yaitu adanya ketergantungan antara nilai pengamatan pada suatu periode dengan periode sebelumnya. Keberadaan autokorelasi menyebabkan estimasi parameter menjadi tidak efisien karena variansnya tidak minimum, meskipun tetap tak bias dan konsisten [2]. Untuk mengatasi autokorelasi, salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah metode Prais Winsten, yang memperbaiki struktur galat tanpa menghilangkan pengamatan pertama. Estimasi koefisien autokorelasi (ρ) dalam metode ini dilakukan secara iteratif [3]. Selain itu, penggunaan lebih dari satu variabel independen dalam regresi linear dapat menimbulkan masalah multikolinearitas, yaitu adanya korelasi tinggi antar variabel independen. Multikolinearitas dapat menyebabkan estimasi parameter menjadi tidak stabil dan kurang akurat [2]. Untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan metode *Ridge Regression* yang menambahkan tetapan bias (K) ke dalam fungsi estimasi agar diperoleh parameter dengan varians lebih kecil [4]. Penentuan nilai K dapat dilakukan melalui berbagai pendekatan, seperti *Ridge Trace* yang diperkenalkan oleh Hoerl & Kennard (1970), pengembangan oleh Hoerl, Kennard & Baldwin (1975), serta pendekatan dari Lawless & Wang (1976) [5]. Jika autokorelasi dan multikolinearitas terjadi secara bersamaan, metode Prais Winsten dan *Ridge Regression* dapat dikombinasikan. Proses dimulai dengan transformasi *Prais Winsten* untuk menghilangkan autokorelasi, lalu dilanjutkan dengan penerapan *Ridge Regression* menggunakan nilai K yang telah ditentukan [6].

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas kombinasi *Ridge Regression* dan Prais Winsten dalam mengatasi permasalahan autokorelasi dan multikolinearitas. Lestari, Martha dan Debatara (2022) menunjukkan bahwa metode *Ridge Trace* efektif dalam menangani multikolinearitas pada data angka kematian bayi [7]. Habibah (2017) membuktikan bahwa Prais Winsten lebih unggul dibandingkan metode *Cochrane-Orcutt* dalam mengoreksi autokorelasi [8]. Sari (2021) menemukan bahwa kombinasi *Ridge Regression* dan Prais Winsten menghasilkan estimasi parameter yang lebih akurat dibandingkan OLS pada kasus Covid-19 di ASEAN [6].

Salah satu kasus yang relevan untuk penerapan metode tersebut adalah analisis nilai tukar Rupiah terhadap Dolar Amerika Serikat (USD). Nilai tukar merupakan indikator penting yang mencerminkan stabilitas ekonomi suatu negara. Fluktuasi nilai tukar dapat berdampak signifikan terhadap sektor perdagangan, investasi, dan kestabilan harga barang dan jasa [9]. Dalam beberapa tahun terakhir, nilai tukar Rupiah terhadap USD mengalami pelemahan yang menjadikannya salah satu mata uang dengan nilai terendah di dunia. Pelemahan ini dipengaruhi oleh tekanan ekonomi global serta dinamika ekonomi domestik [10]. Berdasarkan data Bank Indonesia (2025), nilai tukar Rupiah

terhadap USD berada di kisaran Rp16.000 per USD [11]. Faktor-faktor yang diduga memengaruhi nilai tukar Rupiah meliputi inflasi, jumlah uang beredar, suku bunga, serta aktivitas ekspor dan impor. Inflasi tinggi dan peningkatan uang beredar cenderung melemahkan Rupiah, sedangkan suku bunga dan ekspor yang meningkat dapat memperkuatnya. Sementara itu, impor yang tinggi berisiko menurunkan nilai Rupiah akibat meningkatnya permintaan terhadap mata uang asing [12].

Data bulanan nilai tukar Rupiah terhadap USD beserta variabel-variabel ekonomi yang diduga memengaruhinya telah dikumpulkan selama periode 2021–2024. Karakteristik data tersebut menunjukkan potensi terjadinya multikolinearitas antar variabel independen serta autokorelasi antar waktu. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membangun model *Ridge Regression* dengan koreksi autokorelasi menggunakan metode Prais Winsten, serta menentukan nilai K optimal melalui pendekatan *Ridge Trace*, guna mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi nilai tukar Rupiah terhadap USD di Indonesia.

2. Material dan Metode

2.1 Data dan Variabel Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder tentang faktor-faktor yang memengaruhi nilai tukar Rupiah terhadap USD. Data tersebut merupakan data bulanan dari bulan Januari 2021 hingga Desember 2024. Data diperoleh secara *online* dari situs web resmi Badan Pusat Statistik (BPS) dan Bank Indonesia (BI). Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel penelitian

Variabel	Keterangan	Satuan
Y	Nilai tukar Rupiah terhadap USD	Rupiah
X_1	Inflasi	Persen
X_2	Jumlah uang beredar	Miliar Rupiah
X_3	Suku bunga acuan (BI Rate)	Persen
X_4	Ekspor	Juta USD
X_5	Impor	Juta USD

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode *Ridge Regression* yang dikombinasikan dengan koreksi autokorelasi melalui metode Prais Winsten.

2.2 Pengujian Asumsi Klasik

Asumsi klasik dalam analisis regresi penting dilakukan untuk memastikan bahwa model yang dibangun dapat diinterpretasikan dengan benar dan menghasilkan estimasi yang akurat. Asumsi tersebut seperti, normalitas, homokedastisitas, non-multikolinearitas, dan non-autokorelasi. Pengujian normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah galat model terdistribusi normal. Salah satu cara yang umum

digunakan adalah uji *Jarque – Bera* (JB), yang dirumuskan dalam persamaan (1) berikut:

$$JB = \frac{n}{6} \left[S^2 + \frac{(K - 3)^2}{4} \right] \sim \chi^2_{(\alpha;p)} \quad (1)$$

dengan S dan K masing-masing menyatakan nilai *skewness* dan *kurtosis*. Kriteria pengambilan keputusan didasarkan pada perbandingan nilai statistik uji dengan nilai kritis distribusi chi-kuadrat (χ^2) atau berdasarkan nilai $p - value$. Jika nilai uji $JB > \chi^2_{(\alpha;p)}$ atau $p - value > 0,05$, maka data berdistribusi normal.

Asumsi homokedastisitas bertujuan untuk menguji apakah varians residual bersifat konstan di seluruh pengamatan. Uji *Breusch-Pagan* (BP), atau dikenal juga sebagai uji *Lagrange Multiplier* (LM), digunakan untuk tujuan ini dan dirumuskan sebagai berikut:

$$LM = nR^2 \sim \chi^2_{(\alpha;p)} \quad (2)$$

dengan R^2 adalah koefisien determinasi regresi. Jika nilai $LM < \chi^2_{(\alpha;p)}$ atau $p - value > 0,05$, maka terjadi homokedastisitas [1]. Untuk menguji multikolinearitas antar variabel independen, digunakan statistik *Variance Inflation Factor* (VIF), yang dihitung dengan persamaan (3):

$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad (3)$$

dengan R_j^2 adalah koefisien determinasi antar variabel independen. Jika nilai $VIF \leq 10$, maka data tidak mengalami multikolinearitas [13]. Terakhir, uji autokorelasi dapat dilakukan menggunakan uji *Durbin-Watson* (DW) dengan persamaan (4).

$$DW = \frac{\sum_{i=2}^n (\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2} \quad (4)$$

Berdasarkan hasil uji DW , jika nilai $dU < DW < 4 - dU$ atau $p - value > 0,05$, berarti tidak terdapat autokorelasi. Jika nilai $DW < dL$ atau $DW > 4 - dL$ atau $p - value < 0,05$, berarti terdapat autokorelasi. Jika nilai $dL < DW < dU$ atau $4 - dU < DW < 4 - dL$, tidak dapat ditarik kesimpulan [1].

2.3 Prais Winsten

Prais Winsten merupakan salah satu metode untuk mengatasi autokorelasi pertama atau AR(1) yang diperkenalkan oleh Sigbert John Prais dan Christopher Blake Winsten pada tahun 1954. Model AR adalah model statistik yang menggambarkan suatu proses dimana nilai suatu variabel saat ini bergantung pada nilai-nilai sebelumnya dari variabel tersebut. Misalkan, model regresi seperti berikut.

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1,t} + \beta_2 X_{2,t} + \dots + \beta_p X_{p,t} + \varepsilon_t \quad (5)$$

dengan asumsi bahwa galat mengikuti proses AR(1) [1].

$$\varepsilon_t = \rho \varepsilon_{t-1} + u_t$$

Galat yang mengikuti proses AR(1) dapat diidentifikasi berdasarkan pola yang terbentuk pada plot *Autocorrelation Function* (ACF) dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF). Kedua fungsi ini digunakan untuk mengidentifikasi orde p dan q dalam model ARIMA(p,d,q) yang dapat dilihat pada Tabel 2 [14].

Tabel 2. Identifikasi pola autokorelasi dari plot ACF dan PACF

Model	ACF	PACF
AR(p)	Menurun secara eksponensial atau sinusoidal	<i>Cut off</i> setelah lag p
MA(q)	<i>Cut off</i> setelah lag q	Menurun secara eksponensial atau sinusoidal
ARMA(p,q)	Menurun secara cepat setelah lag (q-p)	Menurun secara cepat setelah lag (p-q)

Langkah-langkah dalam melakukan analisis metode Prais Winsten adalah sebagai berikut.

- a. Melakukan analisis regresi menggunakan metode OLS pada persamaan (5) untuk memperoleh penduga galat ($\hat{\varepsilon}_t$).
- b. Menduga nilai $\hat{\rho}$ dengan meregresikan $\hat{\varepsilon}_t$ terhadap $\hat{\varepsilon}_{t-1}$ menggunakan persamaan (6).

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{t=2}^n \hat{\varepsilon}_t \hat{\varepsilon}_{t-1}}{\sum_{t=2}^n \hat{\varepsilon}_{t-1}^2} \quad (6)$$

- c. Melakukan transformasi terhadap seluruh variabel dalam model regresi menggunakan nilai $\hat{\rho}$ yang diperoleh dari Persamaan (6). Untuk pengamatan pertama, diterapkan transformasi khusus sebagaimana ditunjukkan dalam persamaan (7), sedangkan untuk pengamatan selanjutnya $t = 2, 3, \dots, n$ digunakan transformasi sesuai persamaan (8).

$$Y_1^* = \left(\sqrt{1 - \hat{\rho}^2}\right) Y_1 ; X_{j,1}^* = \left(\sqrt{1 - \hat{\rho}^2}\right) X_{j,1} \quad (7)$$

$$Y_t^* = Y_t - \hat{\rho} Y_{t-1} ; X_{j,t}^* = X_{j,t} - \hat{\rho} X_{j,t-j} \quad (8)$$

- d. Melakukan regresi ulang menggunakan metode OLS pada variabel yang telah ditransformasi.

$$Y_t^* = \beta_0^* + \beta_j^* X_{j,t}^* + u_t$$

- e. Memperoleh penduga baru dari \hat{u}_t dan kembali ke langkah (b). Proses iterasi ini dilakukan sampai mendapatkan penduga $\hat{\rho}$ yang konstan.
- f. Setelah memperoleh $\hat{\rho}$ yang konstan, lakukan transformasi dengan persamaan (7) dan (8) pada data asli sehingga diperoleh $X_{j,t}^*$ dan Y_t^* .
- g. Melakukan regresi menggunakan metode OLS untuk memperoleh model regresi, kemudian transformasi balik nilai β_0^* dan β_j^* sehingga diperoleh model regresi dengan parameter β_0 dan β_j dengan persamaan (9) [1].

$$\beta_0 = \frac{\beta_0^*}{(1 - \hat{\rho})} ; \beta_j = \beta_j^* \quad (9)$$

2.4 Ridge Regression

Ridge Regression pertama kali diperkenalkan oleh A.E. Hoerl pada tahun 1962 dan dikaji ulang oleh A.E. Hoerl bersama R.W. Kennard pada tahun 1970. *Ridge Regression* digunakan untuk mengatasi masalah yang muncul akibat adanya korelasi tinggi antara variabel independen dalam suatu model regresi. Korelasi yang kuat antar variabel dapat menyebabkan matriks $X'X$ mendekati singular sehingga estimasi parameter menjadi tidak stabil [15]. *Ridge Regression* menghasilkan estimasi koefisien regresi yang bias dengan memodifikasi OLS untuk mengurangi varians. Metode ini menambahkan suatu tetapan bias (K) guna menstabilkan koefisien regresi sehingga model menjadi lebih tahan terhadap multikolinearitas. Meskipun estimasi yang dihasilkan bersifat bias, penduga *Ridge* tetap mendekati nilai parameter sebenarnya [4]. Metode *Ridge* memiliki model seperti persamaan (10).

$$Y = X\beta_R + \varepsilon \quad (10)$$

Dalam proses estimasi parameter model, penduga *Ridge Regression* diperoleh dengan meminimalkan jumlah kuadrat galat.

$$\varepsilon' \varepsilon = (Y - X\hat{\beta}_R)'(Y - X\hat{\beta}_R) \quad (11)$$

dengan syarat kendala:

$$\begin{aligned} \beta_R' \beta_R &= q^2 \\ \beta_R' \beta_R - q^2 &= 0 \end{aligned} \quad (12)$$

kemudian, dengan pengganda *Langrange* diperoleh,

$$\begin{aligned} L &= (Y - X\hat{\beta}_R)'(Y - X\hat{\beta}_R) + KI(\hat{\beta}_R' \hat{\beta}_R - q^2) \\ L &= Y'Y - 2\hat{\beta}_R' X'Y + \hat{\beta}_R' X'X\hat{\beta}_R + KI\hat{\beta}_R' \hat{\beta}_R - KIq^2 \end{aligned} \quad (13)$$

dengan menerapkan syarat minimum pada persamaan (13) terhadap $\hat{\beta}$, estimasi parameter dalam *Ridge Regression* dapat diperoleh dalam persamaan (14) [15].

$$\begin{aligned}\frac{\partial L}{\partial \hat{\beta}} &= -2\mathbf{X}'\mathbf{Y} + 2\mathbf{X}'\mathbf{X}\hat{\beta}_R + 2\mathbf{K}\mathbf{I}\hat{\beta}_R = 0 \\ \mathbf{X}'\mathbf{X}\hat{\beta}_R + \mathbf{K}\mathbf{I}\hat{\beta}_R &= \mathbf{X}'\mathbf{Y} \\ (\mathbf{X}'\mathbf{X} + \mathbf{K}\mathbf{I})\hat{\beta}_R &= \mathbf{X}'\mathbf{Y} \\ \hat{\beta}_R &= (\mathbf{X}'\mathbf{X} + \mathbf{K}\mathbf{I})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y}\end{aligned}\quad (14)$$

pada persamaan *Ridge Regression* $\hat{\beta}_R$ menyatakan penduga *Ridge Regression*, parameter K merupakan tetapan bias untuk mengatasi permasalahan multikolinearitas dalam model, sementara itu, \mathbf{I} adalah matriks identitas ukuran $n \times n$.

Penerapan *Ridge Regression* diawali dengan proses standarisasi variabel, yaitu melalui pemusatan (*centering*) dan penskalaan (*scaling*). Bentuk standarisasi ini menggunakan transformasi korelasi yang dirumuskan dalam persamaan (15).

$$X_{ij}^* = \frac{1}{\sqrt{n-1}} \left(\frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{S_{X_j}} \right) \quad (15)$$

dengan X_{ij}^* merupakan nilai hasil standarisasi pengamatan ke- i pada variabel independen ke- j , \bar{X}_j adalah nilai rata-rata dari variabel independen ke- j , dan S_{X_j} adalah nilai standar deviasi dari variabel independen ke- j . *Ridge Regression* dihitung berdasarkan data yang telah distandarisasi. Untuk interpretasi pada skala asli, intersep dan koefisien regresi perlu dikonversi kembali menggunakan perhitungan ulang. Persamaan (16) digunakan untuk tujuan tersebut.

$$\hat{\beta}_0 = \bar{Y} - \sum_{j=1}^p \hat{\beta}_j \bar{X}_j \quad \text{dan} \quad \hat{\beta}_j = \frac{\hat{\beta}_j^*}{\sqrt{n-1}(S_{X_j})} \quad (16)$$

Salah satu tantangan dalam *Ridge Regression* adalah penentuan nilai tetapan bias K yang optimal. *Ridge Trace plot* sering digunakan untuk membantu memilih K dengan menampilkan perubahan koefisien regresi terhadap berbagai nilai K dalam rentang 0 hingga 1. Saat $K = 0$, estimator *Ridge* setara dengan OLS. Tujuan plot ini adalah memperoleh nilai K kecil yang menghasilkan koefisien stabil [4]. Namun, metode ini bersifat subjektif. Oleh karena itu, pendekatan kuantitatif seperti pemilihan K berdasarkan minimisasi *Mean Square Error* (MSE) melalui persamaan (17) dapat digunakan untuk mengurangi subjektivitas.

$$MSE(K) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{i(K)})^2 \quad (17)$$

Nilai $\hat{y}_{i(K)}$ adalah nilai prediksi model *Ridge Regression* dengan tetapan bias K .

2.5 Pengujian Signifikansi Parameter

Pengujian signifikansi parameter pada model regresi dilakukan untuk mengetahui pengaruh yang diberikan dari setiap variabel independen terhadap variabel dependen. Uji signifikansi parameter, yaitu uji simultan dan uji parsial.

a. Uji Simultan

Uji simultan digunakan untuk menguji apakah seluruh variabel independen secara bersama-sama berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen. Pengujian ini dilakukan dengan statistik uji F, sebagaimana ditunjukkan dalam Persamaan (18), yaitu:

$$F_{hitung} = \frac{KTR}{KTG} \quad (18)$$

dengan KTR adalah kuadrat tengah regresi dan KTG adalah kuadrat tengah galat. Jika nilai. Hipotesis yang akan diuji adalah $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$ yang menyatakan tidak ada pengaruh simultan, dan H_1 : Minimal terdapat satu $\beta_j \neq 0$ dengan $j = 1, 2, \dots, p$. Keputusan diambil berdasarkan nilai $F_{hitung} > F_{(\alpha; p; n-p-1)}$ atau $p - value < 0,05$, maka H_0 ditolak. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa variabel independen secara serempak berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen [16].

b. Uji Parsial

Uji parsial digunakan untuk menguji pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen secara individu dengan menggunakan uji t , sebagaimana ditunjukkan dalam Persamaan (19), yaitu:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_j}{SE(\hat{\beta}_j)} \quad (19)$$

dengan $SE(\hat{\beta}_j)$ adalah galat standar setiap variabel independen. terhadap variabel dependen. Hipotesis uji parsial adalah $H_0: \beta_j = 0$, yang menyatakan bahwa variabel independen tidak berpengaruh terhadap variabel dependen, dan $H_1: \beta_j \neq 0$ dengan $j = 1, 2, \dots, p$. Keputusan diambil dengan membandingkan nilai t_{hitung} terhadap $t_{(\frac{\alpha}{2}; n-p-1)}$ atau nilai $p - value$, Jika $t_{hitung} > t_{(\frac{\alpha}{2}; n-p-1)}$ atau nilai $p - value < 0.05$, maka H_0 ditolak. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa variabel independen tersebut berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen [16].

2.6 Pengujian Kelayakan Model

Pengujian kelayakan model regresi dapat dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa kriteria, seperti *Root Mean Square Error* (RMSE) dan koefisien determinasi terkoreksi (*Adjusted R²*). RMSE merupakan ukuran akurasi model dalam memprediksi nilai variabel dependen, yang dihitung menggunakan persamaan (20). Semakin kecil nilai RMSE, semakin baik kinerja model dalam menghasilkan prediksi yang mendekati nilai

aktual. Namun, interpretasi RMSE harus mempertimbangkan skala variabel dependen agar hasil evaluasi bersifat proporsional [17].

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (20)$$

Selain itu, R^2 digunakan untuk mengukur kesesuaian model terhadap data. Namun, pada regresi linear berganda, nilai R^2 dapat meningkat seiring penambahan variabel independen, meskipun tidak selalu mencerminkan peningkatan kualitas model. Oleh karena itu, *Adjusted R²* lebih tepat digunakan karena memperhitungkan jumlah variabel dalam model. Nilai *Adjusted R²* dihitung melalui persamaan (21):

$$R_{adj}^2 = 1 - \frac{KTG}{KTT} \quad (21)$$

KTT merupakan Kuadrat Tengah Total yang mencerminkan total variasi dalam data. Semakin besar nilai *Adjusted R²*, maka semakin baik kualitas model dalam menjelaskan keragaman data [16].

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Statistik Deskriptif

Analisis statistik deskriptif perlu dilakukan sebelum analisis regresi untuk melihat gambaran umum mengenai faktor-faktor yang memengaruhi nilai tukar Rupiah terhadap USD tahun 2021-2024. Statistik deskriptif ini mencakup nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan standar deviasi dari seluruh variabel yang digunakan dalam penelitian, baik variabel dependen maupun independen. Adapun ringkasan statistik tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Statistik deskriptif variabel penelitian

Variabel	Minimum	Maksimum	Rataan	Std. Deviasi
Nilai tukar Rupiah terhadap USD (Y)	Rp14.084	Rp16.421	Rp15.096,56	Rp673,43
Inflasi (X ₁)	1,33%	5,95%	2,94%	1,40%
Jumlah uang beredar (X ₂)	Rp6.767.407,65 miliar	Rp9.175.750,66 miliar	Rp8.134.204,84 miliar	Rp701.175,06 miliar
Suku bunga acuan (X ₃)	3,5%	6,25%	4,86%	1,19%
Ekspor (X ₄)	\$15.255,40 juta	\$27.928,7 juta	\$21.812,23 juta	\$2.748,65 juta
Impor (X ₅)	\$13.264,97 juta	\$22.150,55 juta	\$18.524,63 juta	\$2.250,01 juta

3.2 Pengujian Asumsi Data

Hasil uji normalitas dengan menggunakan uji *Jarque Berra* pada persamaan (1) memiliki nilai statistik uji JB sebesar 1,456 dengan *p-value* sebesar 0,483. Karena *p-value* lebih besar dari taraf signifikansi α sebesar 0,05, maka H_0 diterima yang berarti galat pada data nilai tukar Rupiah terhadap USD pada tahun 2021-2024 berdistribusi normal. Selain itu, hasil uji asumsi homokedastisitas dengan menggunakan uji *Breusch Pagan* pada persamaan (2) memiliki nilai statistik uji BP sebesar 9,009 dengan *p-value* sebesar 0,109. Karena *p-value* lebih besar dari taraf signifikansi α sebesar 0,05, maka H_0 diterima yang berarti terjadi homokedastisitas pada galat data nilai tukar Rupiah terhadap USD pada tahun 2021-2024. Hasil uji multikolinearitas dengan menggunakan nilai VIF pada persamaan (3) untuk masing-masing variabel independen dapat dilihat pada Tabel 4.

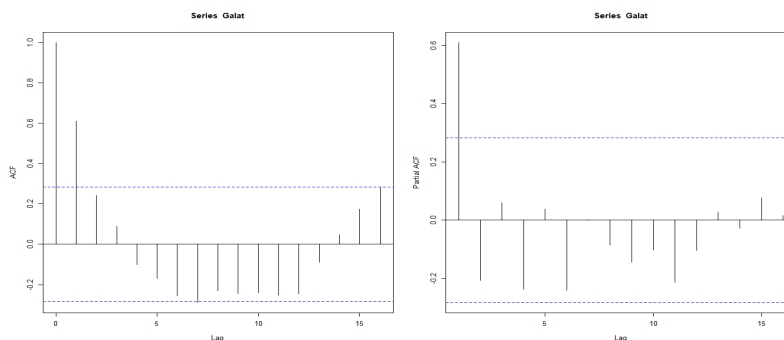
Tabel 4. Uji multikolinearitas

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
VIF	1,725	13,322	11,095	5,686	3,888

Tabel 4 menunjukkan bahwa variabel jumlah uang beredar (X_2) dan suku bunga acuan (X_3) memiliki nilai VIF yang lebih besar dari 10, yaitu berturut-turut sebesar 13,322 dan 11,095. Nilai tersebut menunjukkan bahwa terdapat multikolinearitas antar variabel independen yang digunakan. Sementara itu, hasil uji autokorelasi dengan menggunakan uji *Durbin Watson* pada persamaan (4) memiliki nilai statistik uji DW sebesar 0,756 dengan *p-value* sebesar $3,023 \times 10^{-8}$. Karena *p-value* lebih kecil dari taraf signifikansi α sebesar 0,05, maka H_0 ditolak yang berarti terjadi autokorelasi pada galat data nilai tukar Rupiah terhadap USD pada tahun 2021-2024.

3.3 Transformasi Prais Winsten

Transformasi Prais Winsten hanya efektif jika model mengikuti AR(1) sehingga perlu dilakukan identifikasi pola autokorelasi melalui plot ACF dan PACF. Pola autokorelasi galat pada data nilai tukar Rupiah terhadap USD tahun 2021-2024 ditampilkan dalam plot ACF dan PACF pada Gambar 1.



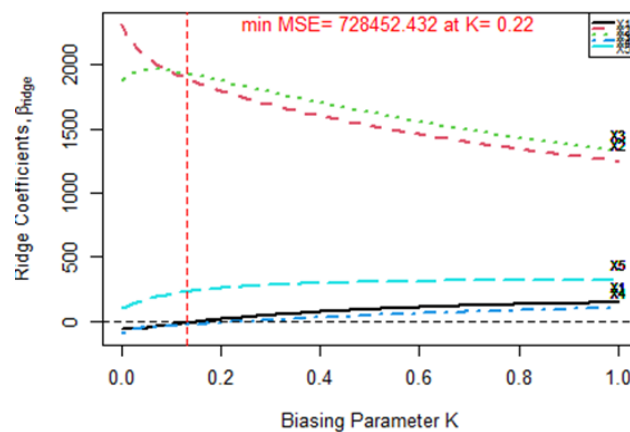
Gambar 1. Plot ACF dan PACF dari galat data

Hasil identifikasi berdasarkan plot ACF pada Gambar 1 menunjukkan penurunan secara eksponensial, sementara plot PACF *cut-off* setelah lag ke-1. Pola ini mengindikasikan bahwa autokorelasi galat pada data nilai tukar Rupiah terhadap USD tahun 2021-2024 mengikuti proses AR(1). Selanjutnya, dilakukan transformasi logaritma (ln) pada setiap variabel independen untuk menyelaraskan satuan antar variabel serta mereduksi skala nilai data agar lebih sesuai untuk analisis regresi. Hasil transformasi dari masing-masing variabel adalah \tilde{X}_1 , \tilde{X}_2 , \tilde{X}_3 , \tilde{X}_4 , dan \tilde{X}_5 akan digunakan dalam tahapan analisis berikutnya.

Koefisien autokorelasi (ρ) sebagai bobot untuk mengatasi autokorelasi dihitung menggunakan metode Prais Winsten. Nilai $\hat{\rho}$ yang diperoleh berdasarkan persamaan (6) adalah 0,6493107 setelah melalui 5 kali iterasi. Nilai $\hat{\rho}$ akan digunakan untuk mentransformasikan variabel asli menggunakan persamaan (7) dan (8) sehingga diperoleh $\tilde{X}_{j,t}^*$ dan Y_t^* . Data yang telah ditransformasi ini akan digunakan dalam pemodelan *Ridge Regression* untuk mengatasi multikolinearitas.

3.4 Pemodelan *Ridge Regression*

Sebelum dilakukan pemodelan *Ridge Regression*, variabel independen pada data hasil transformasi Prais Winsten terlebih dahulu distandarisasi sesuai dengan persamaan (15). Data yang telah distandarisasi tersebut kemudian digunakan dalam pemodelan *Ridge Regression* yang melibatkan pemilihan nilai K optimal. Hasil kestabilan koefisien regresi secara visual dan nilai MSE minimum sesuai persamaan (17) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Ridge Trace plot*

Berdasarkan hasil analisis yang ditampilkan pada Gambar 2, nilai optimal untuk parameter regularisasi (K) dalam metode *Ridge Regression* diperoleh sebesar 0,22. Pemilihan nilai ini didasarkan pada pertimbangan stabilitas koefisien regresi serta efektivitasnya dalam mengatasi masalah multikolinearitas antar variabel independen. Oleh karena itu, nilai $K = 0,22$ digunakan dalam proses estimasi parameter model. Estimasi dilakukan terhadap data yang telah melalui transformasi Prais Winsten dan

proses standardisasi. Berdasarkan persamaan (14) diperoleh pendugaan parameter *Ridge Regression* dengan nilai K optimal tersebut disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pendugaan parameter *Ridge Regression*

Variabel	Parameter	Galat Standar	Statistik Uji t	p -value
Intersep	-13.626,264	1.091,278	-12,487	< 0,001
\tilde{X}_1^{**}	-99,251	217,324	-0,457	0,650
\tilde{X}_2^{**}	1.524,403	145,091	10,507	< 0,001
\tilde{X}_3^{**}	1.432,579	238,198	6,014	< 0,001
\tilde{X}_4^{**}	1.323,322	124,251	10,650	< 0,001
\tilde{X}_5^{**}	1.369,354	146,004	9,379	< 0,001

Berdasarkan hasil estimasi parameter pada Tabel 5, dilakukan transformasi balik menggunakan persamaan (16) untuk mengembalikan parameter ke skala semula sebelum standarisasi. Dari hasil tersebut diperoleh persamaan model sebagai berikut:

$$\hat{Y} = 547,914 - 76,438\tilde{X}_1^* + 241,452\tilde{X}_2^* + 1.835,236\tilde{X}_3^* + 345,873\tilde{X}_4^* + 359,570\tilde{X}_5^*$$

Selanjutnya, dilakukan penyesuaian terhadap model tersebut menggunakan persamaan (9) untuk mengakomodasi transformasi Prais Winsten. Dengan demikian, diperoleh model akhir dari pemodelan *Ridge Regression* sebagai berikut:

$$\hat{Y} = 1.562,392 - 76,438\tilde{X}_1 + 241,452\tilde{X}_2 + 1.835,236\tilde{X}_3 + 345,873\tilde{X}_4 + 359,570\tilde{X}_5$$

3.5 Pengujian Signifikansi Parameter

Pengujian signifikansi parameter terdiri dari uji signifikansi simultan dan uji signifikansi parsial.

a. Uji Simultan

Hasil uji F untuk model *Ridge Regression* pada data nilai tukar Rupiah terhadap USD tahun 2021-2024 sesuai persamaan (18) dapat dilihat pada Tabel 6 dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = 0$$

$$H_1: \text{Minimal terdapat satu } \beta_j \neq 0 \text{ dengan } j = 1, 2, \dots, 5$$

Tabel 6. Hasil uji signifikansi simultan

Statistik Uji (F_{hitung})	p -value	Keputusan
86,992	< 0,001	Tolak H_0

Berdasarkan Tabel 6, diperoleh nilai F_{hitung} sebesar 86,992 dengan p -value < 0,001. Karena p -value lebih kecil dari taraf signifikansi α sebesar 0,05, maka H_0 ditolak yang berarti semua variabel independen secara bersama-sama berpengaruh secara signifikan terhadap nilai tukar Rupiah terhadap USD tahun 2021-2024.

b. Uji Parsial

Hasil uji t untuk model *Ridge Regression* pada data nilai tukar Rupiah terhadap USD tahun 2021-2024 sesuai persamaan (19) dapat dilihat pada Tabel 7 dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \beta_j = 0$$

$$H_1: \beta_j \neq 0 \text{ dengan } j = 1, 2, \dots, 5$$

Tabel 7. Hasil uji signifikansi parsial

Variabel	Statistik Uji (t_{hitung})	p -value	Keputusan
Intersep	-12,487	< 0,001	
\tilde{X}_1^{**}	-0,457	0,650	Terima H_0
\tilde{X}_2^{**}	10,507	< 0,001	Tolak H_0
\tilde{X}_3^{**}	6,014	< 0,001	Tolak H_0
\tilde{X}_4^{**}	10,650	< 0,001	Tolak H_0
\tilde{X}_5^{**}	9,379	< 0,001	Tolak H_0

Berdasarkan Tabel 7 diketahui bahwa variabel jumlah uang beredar (X_2), suku bunga acuan (X_3), ekspor (X_4), dan impor (X_5) memiliki p -value < 0,001 yang lebih kecil dari taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Oleh karena itu, H_0 ditolak yang berarti variabel-variabel tersebut berpengaruh signifikan terhadap nilai tukar Rupiah terhadap USD. Sedangkan, variabel inflasi (X_1) memiliki p -value sebesar 0,875 yang lebih besar dari taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ sehingga H_0 diterima yang berarti inflasi tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai tukar Rupiah terhadap USD. Sejalan dengan Waldi dan Amar (2020), inflasi tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai tukar Rupiah karena cadangan devisa berperan menjaga stabilitas. Bank Indonesia menggunakan cadangan devisa untuk intervensi pasar guna meredam dampak inflasi dan mencegah depresiasi berlebihan [18].

3.6 Pengujian Kelayakan Model

Uji kelayakan model ini dilakukan dengan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan koefisien determinasi terkoreksi (*Adjusted R²*). RMSE digunakan untuk mengukur besarnya kesalahan prediksi yang dihasilkan oleh model regresi. Semakin kecil nilai RMSE, maka semakin baik model dalam memprediksi nilai data aktual. Hasil perhitungan nilai RMSE pada model *Ridge Regression* sesuai persamaan (20) adalah sebesar 364,389 yang menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan prediksi model terhadap nilai tukar Rupiah terhadap USD adalah sekitar Rp364,389. Kemudian, hasil perhitungan nilai *Adjusted R²* pada model *Ridge Regression* sesuai persamaan (21) adalah sebesar 0,78. Hal ini berarti bahwa sekitar 78% variasi dalam nilai tukar Rupiah terhadap USD dapat dijelaskan oleh variabel independen dalam model, sedangkan sisanya sebesar 22% dipengaruhi oleh faktor lain di luar model.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil estimasi parameter model *Ridge Regression* dengan koreksi autokorelasi Prais Winsten dalam memodelkan nilai tukar Rupiah terhadap USD di Indonesia pada periode 2021-2024 diperoleh sebagai berikut:

$$\hat{Y} = 1.562,392 + 241,452\tilde{X}_2 + 1.835,236\tilde{X}_3 + 345,873\tilde{X}_4 + 359,570\tilde{X}_5$$

Interpretasi dilakukan secara elastisitas: setiap kenaikan 1% pada X_j mengubah nilai tukar Rupiah terhadap USD sebesar $\beta_j/100$ Rupiah. Model tersebut memiliki nilai RMSE sekitar Rp364,389 dan *Adjusted R²* sebesar 78% yang menunjukkan kemampuan model menjelaskan variasi data dengan baik.

2. Hasil pemodelan nilai tukar Rupiah terhadap USD di Indonesia pada periode 2021-2024 dengan menggunakan model *Ridge Regression* dengan koreksi autokorelasi Prais Winsten menunjukkan bahwa terdapat empat variabel yang berpengaruh secara signifikan dengan taraf signifikansi 5%, yaitu jumlah uang beredar (X_2), suku bunga acuan (X_3), ekspor (X_4), dan impor (X_5).

Daftar Pustaka

- [1] Gujarati, D. N., & Porter, D. C. *Basic Econometrics*. 5th ed., McGraw Hill Irwin, United States, 2010.
- [2] Budi, A. D. A. S., Septiana, L., & Mahendra, B. E. P. Memahami Asumsi Klasik dalam Analisis Statistik: Sebuah Kajian Mendalam tentang Multikolinieritas, Heterokedastisitas, dan Autokorelasi dalam Penelitian. *Jurnal Multidisiplin West Science*, 3(1), 1-11, 2021.
- [3] Greene, W. *Econometric Analysis*. 5th ed., Prentice Hall, New Jersey, 2003.
- [4] Hoerl, A. E., & Kennard, R. W. Ridge Regression: Biassed Estimation for Nonorthogonal Problems. *Technometrics*, 12 (1), 55-67, 1970.
- [5] Rosyadi, M. Z. Penerapan Metode Regresi *Ridge* untuk Mengatasi Masalah Multikolinieritas Pada Kasus Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Jawa Tengah. Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2018.
- [6] Sari, C. D. P. Kombinasi Metode *Ridge Regression* dan *Generalized Least Square* untuk Penanganan Asumsi Multikolinieritas dan Autokorelasi (Studi Kasus Jumlah Kasus Covid-19 di ASEAN). Tugas Akhir, Universitas Brawijaya, Malang, 2021.

- [7] Lestari, P. S., Martha, S., & Debatara, N. N. Penerapan Metode Regresi Ridge Pada Kasus Angka Kematian Bayi di Provinsi Jawa Timur. *Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya*, 11(4), 603-610, 2022.
- [8] Habibah, A. N. Perbandingan Akurasi Penduga *Generalized Least Square* Menggunakan Penduga Koefisien Autokorelasi *Cochrane-Orcutt Iterative* dan Prais Winsten Pada Kasus Autokorelasi. Tugas Akhir, Universitas Brawijaya, Malang, 2017.
- [9] Avedish, D., Wibowo, F. T., Azmi, N. U., Nada, Q., & Sarpini. Peran Nilai Tukar Rupiah dan Fluktuasi Valuta Asing Terhadap Ketahanan Ekonomi Indonesia. *Jurnal Kajian dan Penalaran Ilmu Manajemen*, 3(1), 223-235, 2025.
- [10] Miftahudin, H. Ini Deretan 10 Mata Uang Terendah di Dunia, Rupiah Nomor Berapa? *MetroTv*, Jakarta Barat, 2025.
- [11] Bank Indonesia. Kurs Transaksi Bank Indonesia. 2025.
- [12] Pardasia, S., & Syafri. Analisis Faktor yang Mempengaruhi Nilai Tukar. *Jurnal Ekonomi Trisakti*, 4(1), 187-196, 2024.
- [13] Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. *Introduction to Linear Regression Analysis*. 5th ed., John Wiley and Sons, Kanada, 2012.
- [14] Pitaloka, R. A., Sugito, & Rahmawati, R. Perbandingan Metode ARIMA Box-Jenkins dengan ARIMA *Ensemble* Pada Peramalan Nilai Impor Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Gaussian*, 8(2), 194-207, 2019.
- [15] Draper, N., & Smith, H. *Applied Regression Analysis*. 3rd ed., John Wiley and Sons, Kanada, 1998.
- [16] Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., Neter, J., & Li, W. *Applied Linear Statistical Models*. 5th ed., McGraw-Hill Irwin, New York, 2005.
- [17] Hodson, T. O. Root-Mean-Square Error (RMSE) or Mean Absolute Error (MAE): When to use them or not. *Geoscientific Model Development*, 15(14), 81–87, 2022.
- [18] Waldi, I., & Amar, S. Pengaruh Inflasi, Tingkat Bunga, Emas Dunia, Dan Utang Luar Negeri Terhadap Nilai Tukar Rupiah. *Ecosains: Jurnal Ilmiah Ekonomi Dan Pembangunan*, 9(2), 114-124, 2020.