
Model ARIMA dengan Variabel Eksogen dan GARCH pada Data Kurs Rupiah

Ririn Arianti¹, Sitti Sahriman², La Podje Talangko^{3*}
¹²³Departemen Statistika, Fakultas MIPA,
Universitas Hasanuddin, Makassar, 90245, Indonesia
* Corresponding author, email: ririn.arianti1914@gmail.com

Abstract

Autoregressive integrated moving average with exogenous variable (ARIMAX) model is the development of ARIMA model with addition of other time series data as exogenous variable that affect the dependent variable. ARIMAX model is used to analyze and predict data on the rupiah exchange rate against the US dollar with inflation as an exogenous variabel. The exchange rate has an residual variance that is not constant so that the GARCH model is used to overcome the problem of heteroscedasticity. The results of this research show that forecasting the rupiah exchange rate against the US dollar for the period January 2010 – December 2019 with the ARIMAX(0,1,1) – GARCH(1,0) model is the best model with a MAPE (1,1655) value which shows a low percentage compared to the ARIMAX model.

Keywords: ARIMAX, GARCH, Heteroscedasticity.

Abstrak

Model *autoregressive integrated moving average* dengan variabel eksogen (ARIMAX) merupakan pengembangan model ARIMA dengan penambahan data deret waktu lainnya sebagai variabel eksogen yang mempengaruhi variabel dependen. Model ARIMAX digunakan untuk menganalisis dan meramalkan data nilai tukar rupiah terhadap dolar AS dengan inflasi sebagai variabel eksogen. Data nilai tukar rupiah terhadap dolar AS memiliki variansi *residual* yang tidak konstan sehingga digunakan model GARCH yang dapat mengatasi masalah heteroskedastisitas. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa peramalan nilai tukar rupiah terhadap dolar AS periode Januari 2010 – Desember 2019 dengan model ARIMAX(0,1,1)-GARCH(1,0) adalah model terbaik dengan nilai MAPE (1,1655) yang menunjukkan presentase rendah dibandingkan dengan model ARIMAX.

Kata Kunci: ARIMAX, GARCH, Heteroskedastisitas.

1. Pendahuluan

Transaksi jual beli yang dilakukan antar penduduk suatu negara dengan negara lain menggunakan mata uang yang telah disepakati yang dinamakan nilai tukar. Nilai tukar mata uang atau yang sering disebut dengan kurs adalah harga satu unit mata uang asing dalam mata uang domestik atau dapat juga dikatakan harga mata uang domestik terhadap mata uang asing [1]. Kurs dapat dijadikan sebagai alat untuk mengukur kondisi perekonomian. Apabila pertumbuhan nilai tukar mata uang dapat berjalan stabil berarti menunjukkan bahwa negara tersebut memiliki kondisi perekonomian yang relatif baik

atau stabil. Oleh karena itu prediksi nilai tukar mata uang yang akan datang sangat diperlukan untuk menentukan kebijakan perekonomian yang akan datang.

Peramalan nilai tukar berhubungan dengan peramalan data deret waktu. Model yang paling sering digunakan dalam peramalan data deret waktu univariat adalah model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Selain itu, salah satu model deret waktu yang dipandang sebagai perluasan model ARIMA adalah *Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable* (ARIMAX), yakni model ARIMA dengan variabel eksogen. Model ARIMA hanya berlaku untuk satu variabel dan itu tidak menggambarkan beberapa hal penting dalam data dan juga tidak dapat menyampaikan dengan baik hubungan antar variabel dalam data. Model ARIMAX pertama kali dibahas oleh Box dan Tiao pada tahun 1975, model ini memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi pola yang mendasari data deret waktu dan untuk mengukur dampak dari pengaruh luar data [2]. Hasil penelitian Wijayanti dan Sudarmiani (2017) dengan menggunakan analisis regresi linier sederhana, menunjukkan bahwa tingkat inflasi berpengaruh positif secara signifikan pada nilai tukar rupiah terhadap dolar AS [3]. Sehingga, variabel eksogen yang akan digunakan dalam tugas akhir ini adalah tingkat inflasi.

Praktek pemodelan ARIMA atau ARIMAX pada suatu data ekonomi seringkali memberikan residual dengan varians yang tidak konstan (heterogen). Engle (1982) memperkenalkan model *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (ARCH) untuk memodelkan inflasi di Inggris yang mengandung variansi yang tidak konstan, kemudian model ARCH disempurnakan menjadi *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH) oleh Bolerslev (1986) [4]. Metode ini mampu mengatasi heteroskedastisitas dalam data deret waktu sehingga model yang akan diperoleh baik digunakan untuk melakukan peramalan [4]. Nilai tukar merupakan salah satu data finansial yang memiliki keragaman (*volatility*) yang tidak konstan di setiap titik waktu sehingga variansi dari *residual* akan selalu berubah setiap waktu. Hal ini disebut sebagai heteroskedastisitas pada data deret waktu sehingga diperlukan model GARCH untuk mengatasinya.

2. Material dan Metode

2.1 *Autoregressive Integrated Moving Average* dengan Variabel Eksogen

Model deret waktu univariat hanya menggunakan nilai lampau dari variabel yang digunakan, untuk meramalkan nilai masa depan. Variabel penjelas dapat dimasukkan ke dalam model univariat tersebut, yang menghasilkan model deret waktu ARIMAX yang disebut *autoregressive integrated moving average* dengan variabel eksogen untuk mendapatkan peramalan yang lebih baik. Bentuk umum model ARIMAX(p,d,q):

$$\phi_p(B)(1 - B)^d Z_t = \theta_q(B)e_t + a_1 X_{1,t} + a_2 X_{2,t} + \dots + a_k X_{k,t} \quad (1)$$

dengan Z_t = variabel dependen; B = operator *back shift*; $X_{k,t}$ = variabel independen atau variabel eksogen ke- k pada saat t dengan $k = 1, 2, 3, \dots, n$; a = koefisien dari variabel

eksogen [5]. Pemodelan ARIMAX mengikuti langkah prosedur Box dan Jenkins yaitu identifikasi model, penaksiran parameter, pemeriksaan diagnostik dan peramalan [6].

2.2 Heteroskedastisitas

Suatu keadaan dikatakan heteroskedastisitas apabila suatu data memiliki variansi *residual* yang tidak konstan untuk setiap observasi atau dengan kata lain melanggar asumsi $Var(\varepsilon_t) = \sigma^2$. Misalkan $e_t = r_t - \mu_t$ adalah *residual* dari persamaan rata-rata. Deret residual kuadrat e_t^2 digunakan untuk mengecek heteroskedastisitas bersyarat, yang juga dikenal sebagai efek ARCH. Untuk mengecek ada tidaknya efek ARCH, dapat dilakukan menggunakan statistik uji *Lagrange-Multiplier* (LM) yang diperkenalkan oleh Engle [7].

2.3 Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity

Model yang dapat digunakan untuk mengatasi variansi *residual* yang tidak konstan dalam data deret waktu finansial adalah model *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (ARCH) yang diperkenalkan pertama kali oleh Engle pada tahun 1982. Pada model ARCH variansi *residual* (σ_t^2) dipengaruhi oleh *residual* di periode sebelumnya ε_{t-1}^2 [8].

Model GARCH (*Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*) merupakan generalisasi dari model ARCH (*Autoregressive Conditional Heteroscedastic*) yang dikemukakan oleh Bollerslev pada tahun 1986. Model GARCH digunakan untuk mengatasi orde yang terlalu besar pada model ARCH. Bentuk umum model GARCH (p,q):

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i e_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (2)$$

dengan, σ_t^2 : variansi dari *residual* pada waktu t

α_0 : komponen konstanta

α_i : parameter dari ARCH

e_{t-i}^2 : kuadrat dari *residual* pada waktu $t-i$

β_j : parameter dari GARCH

σ_{t-j}^2 : variansi dari *residual* pada saat $t-j$

$$e_t = \sigma_t h_t$$

dengan $h_t \sim i.i.d$ (*independent and identically distributed*) $N(0,1)$; $\alpha_0 > 0$; $\alpha_i \geq 0$ untuk $i = 1, 2, \dots, p$; $\beta_j \geq 0$ untuk $j = 1, 2, \dots, q$; $\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q (\alpha_i + \beta_j) < 1$. Persamaan variansi yang memenuhi persamaan GARCH (p,q) menghubungkan antara variansi *residual* pada waktu ke- t dengan variansi *residual* pada waktu sebelumnya [7].

2.4 Metode Penelitian

Data yang digunakan adalah data nilai tukar rupiah terhadap dolar AS (kurs jual) sebagai variabel dependen dan data inflasi menjadi variabel eksogen. Data tersebut

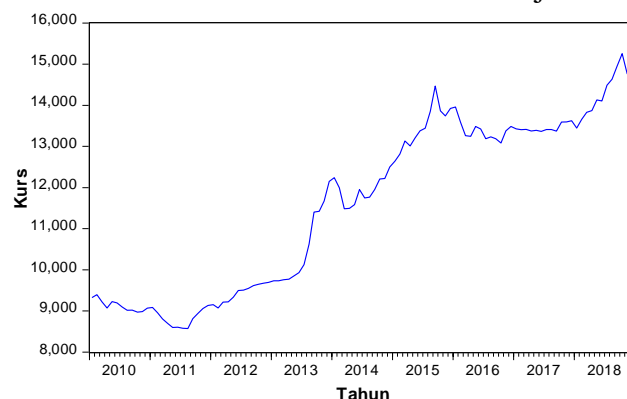
merupakan data sekunder yang diperoleh dari website resmi bank Indonesia yaitu www.bi.go.id. Periode data yang digunakan yaitu bulan Januari 2010 - Desember 2019.

Langkah-langkah analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pembagian data menjadi data *training* (Januari 2010 – Desember 2018) dan data *validation* (Januari 2019 – Desember 2019).
2. Uji kestasioneran, jika data tidak stasioner maka dilakukan transformasi maupun *differencing*.
3. Identifikasi model ARIMAX yaitu dengan menambahkan variabel eksogen ke dalam model ARIMA.
4. Penentuan model ARIMAX yang sesuai untuk data.
5. Melakukan Uji LM untuk melihat ada tidaknya unsur heteroskedastisitas agar dapat dilanjutkan ke model GARCH.
6. Identifikasi model GARCH melalui plot FAK dan FAKP yang didapatkan dari residual kuadrat model ARIMAX yang terbentuk.
7. Penentuan model ARIMAX-GARCH terbaik untuk digunakan dalam peramalan.
8. Validasi model untuk memastikan keakuratan dan ketepatan model dengan menggunakan data *validation*.

3. Hasil dan Diskusi

Tahap awal yang dilakukan untuk pemodelan data deret waktu adalah dengan mengidentifikasi kestasionerannya. Data yang digunakan dalam melakukan uji stasioner adalah data kurs, karena data kurs merupakan variabel dependen yang akan diramalkan. Identifikasi kestasioneran data dapat dilakukan dengan membuat plot deret waktu dan melakukan uji ADF. Langkah pertama yang dilakukan adalah membuat plot data untuk melihat apakah data mempunyai suatu tren dan telah memenuhi stasioneritas baik dalam rata-rata maupun variansi. Plot deret waktu dari data kurs ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Plot Deret Waktu Data Kurs

Gambar 1 menampilkan bahwa data kurs menunjukkan terjadinya pola tren naik. Hal ini menunjukkan bahwa data tidak stasioner dalam rata-rata sehingga perlu dilakukan *differencing*. Untuk mengetahui kestasioneran data kurs dalam variansi maka perlu dicek

menggunakan plot Box-Cox, diperoleh nilai *rounded value* (λ) sebesar 1. Hal ini menunjukkan bahwa data kurs telah stasioner dalam variansi. Setelah dilakukan proses *differencing* lag 1, maka diperoleh hasil uji ADF yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Stasioneritas Data Kurs Hasil *Differencing*

Statistik-t Uji ADF	Probabilitas	Nilai Kritis <i>Mac Kinnon</i>			Ket.
		1%	5%	10%	
-8,1525	0,0000	-3,4931	-2,8889	-2,5814	Stasioner

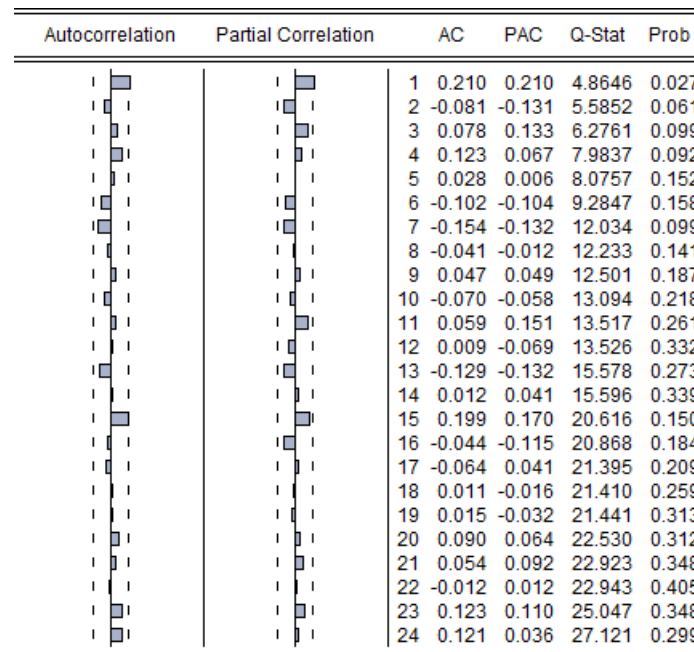
Adapun hipotesisnya sebagai berikut:

$H_0 : \delta = 0$ (data tidak stasioner)

$H_1 : \delta < 0$ (data stasioner)

Tabel 1 menunjukkan nilai $|t_{hit}| > t_{tabel}$ dan $p\text{-value} = 0,0000 < \alpha = 0,05$, maka H_0 ditolak yang menyatakan bahwa data kurs telah stasioner dalam rata-rata. Berdasarkan hasil dari plot Box-Cox dan *differencing* lag 1, data kurs telah stasioner dalam rata-rata dan variansi, maka data kurs dapat digunakan dalam tahap pengidentifikasian model.

Tabel 1 menunjukkan data kurs telah dilakukan *differencing* sebanyak satu kali agar stasioner dalam rata-rata. Hal ini menunjukkan bahwa orde d mempunyai nilai sebesar 1. Pengidentifikasian orde p dan q yaitu dengan mengamati pola dari plot FAK dan FAKP. Adapun plot FAK dan FAKP data kurs hasil *differencing* ditunjukkan pada Gambar 2:



Gambar 2. Plot FAK dan FAKP Data Kurs Hasil *Differencing*

Gambar 2 menunjukkan plot FAK dan plot FAKP *cut off* pada lag 1, maka diperoleh beberapa model ARIMA sementara yaitu ARIMA(1,1,0), ARIMA(1,1,1) dan ARIMA(0,1,1). Model ARIMAX awal diperoleh dengan menambahkan variabel eksogen pada model ARIMA sementara sehingga model ARIMAX awal yang terbentuk yaitu ARIMAX(1,1,0), ARIMAX(1,1,1) dan ARIMAX(0,1,1).

Berdasarkan uji signifikansi parameter, diperoleh model ARIMAX(1,1,0) dan ARIMAX(0,1,1) yang nilai parameternya signifikan dalam model. Selanjutnya melakukan uji kesesuaian model, diperoleh kedua model memenuhi uji asumsi *residual white noise* namun memiliki *residual* model yang tidak berdistribusi normal. Ketidaknormalan dari *residual* dapat mengindikasikan adanya kondisi heteroskedastisitas. Model ARIMAX(0,1,1) memiliki nilai AIC yang lebih kecil dari model ARIMAX(1,1,0) sehingga model ARIMAX(0,1,1) yang digunakan untuk pengujian nilai *residual* kuadratnya apakah mengandung unsur heteroskedastisitas di dalam modelnya.

Dalam melakukan pengujian heteroskedastisitas, model yang akan diuji adalah *residual* kuadrat model ARIMAX(0,1,1) dengan menggunakan uji LM. Adapun hipotesisnya sebagai berikut:

$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_k = 0$ (tidak ada efek ARCH/GARCH dalam *residual* sampai lag ke- k)

$H_1 : \exists \alpha_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, k$ (ada efek ARCH/GARCH dalam *residual* sampai lag ke- k)

Hasil uji LM ditampilkan pada Gambar 2:

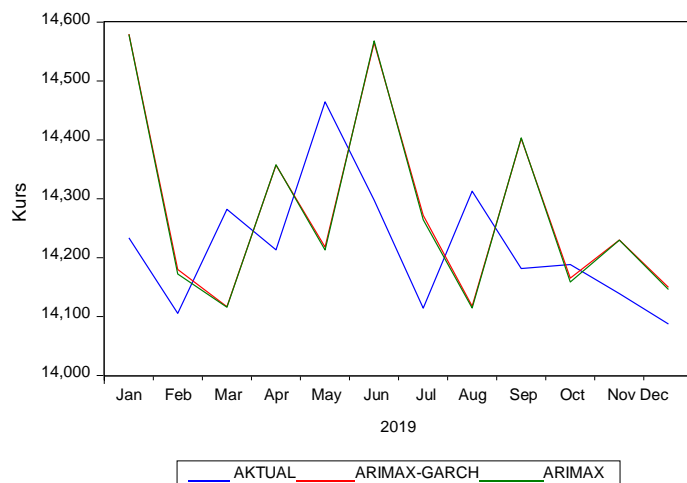
Heteroskedasticity Test: ARCH			
F-statistic	4.591680	Prob. F(1,104)	0.0345
Obs*R-squared	4.482094	Prob. Chi-Square(1)	0.0343

Gambar 2. Hasil Uji *Lagrange-Multiplier*

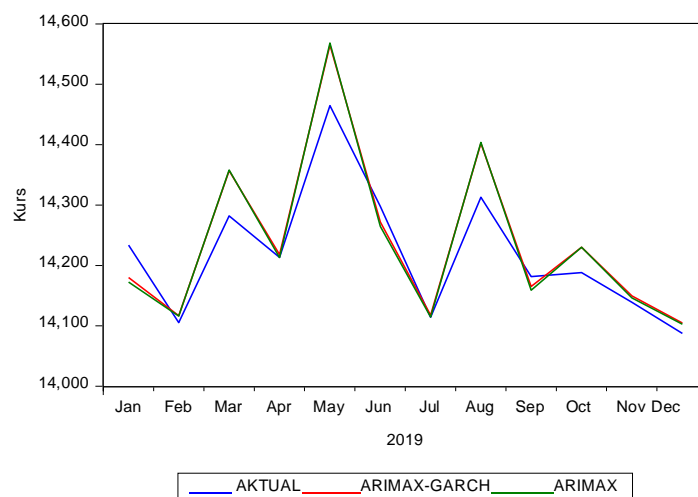
Gambar 2 menunjukkan $p\text{-value} < \alpha = 0,05$ maka H_0 ditolak, yang berarti model ARIMAX(0,1,1) memiliki variansi *residual* yang tidak konstan atau model mengandung heteroskedastisitas. Dengan adanya unsur heteroskedastisitas pada data menunjukkan bahwa model yang diperoleh kurang baik digunakan untuk peramalan, maka dilakukan pemodelan GARCH dimana model ini mampu mengatasi masalah heteroskedastisitas dengan baik. Model GARCH diidentifikasi berdasarkan plot FAK dan FAKP pada data *residual* kuadrat model ARIMAX(0,1,1), didapatkan bahwa plot FAK dan FAKP *cut off* pada lag 1. Berdasarkan hal tersebut, maka dugaan model awal adalah GARCH(1,0), GARCH(1,1) dan GARCH(0,1).

Berdasarkan uji signifikansi parameter, diperoleh hanya model ARIMAX(1,1,0)-GARCH(1,0) yang nilai parameternya signifikan dalam model. Selanjutnya melakukan uji kesesuaian model, diperoleh model ARIMAX(1,1,0)-GARCH(1,0) telah memenuhi uji asumsi *residual white noise* dan memiliki *residual* model yang berdistribusi normal. Hal ini menunjukkan bahwa model ARIMAX(0,1,1) – GARCH(1,0) telah memenuhi uji diagnostik model dan dapat digunakan dalam peramalan.

Untuk mengetahui keakuratan dan ketepatan model dalam melakukan peramalan, dilakukan validasi model dengan menggunakan data *validation* (Januari 2019 – Desember 2019). Adapun plot deret waktu antara data *validation* dan data hasil ramalan ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Plot Deret Waktu Data *Validation* dan Data Ramalan dengan *time lag*. Secara eksploratif, Gambar 3 menunjukkan terjadinya pergeseran waktu atau *time lag* 1 sehingga perlu dilakukan pergeseran data sebanyak satu bulan untuk meningkatkan keakuratan peramalan. Plot hasil pergeseran data dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Plot Deret Waktu Data *Validation* dan Data Ramalan. Gambar 4 menunjukkan bahwa hasil ramalan menggunakan model ARIMAX-GARCH dan ARIMAX mampu menangkap pola data aktualnya dan menunjukkan bahwa hasil peramalan dari model ARIMAX-GARCH dan ARIMAX hampir sama. Pemilihan model terbaik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pemilihan Model Terbaik

Model	MAPE	RMSE	AIC
ARIMAX (0,1,1) – GARCH (1,0)	1,1655	189,2464	13,2974
ARIMAX (0,1,1)	1,1665	189,8678	13,4660

4. Kesimpulan

Hasil peramalan nilai tukar rupiah terhadap dolar AS pada Januari 2010 – Desember 2019 dengan menggunakan model ARIMAX(0,1,1) – GARCH(1,0) menghasilkan ramalan yang akurat dengan nilai MAPE sebesar 1,1655 yang lebih kecil dibandingkan nilai MAPE model ARIMAX.

Daftar Pustaka

- [1] Simorangkir, I., & Suseno. Sistem dan Kebijakan Nilai Tukar. *Seri Kebanksentralan*, No. 12, 2004.
- [2] Victor-Edema, U. A., & Isaac, D. E. Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable (ARIMAX) Model for Nigerian Non Oil Export. *European Journal of Business and Management*, Vol.8, No.36, 2016.
- [3] Wijayanti, Y., & Sudarmiani. Pengaruh Tingkat Inflasi Terhadap Nilai Tukar Rupiah. *Equilibrium*, Volume 5, Nomor 1, 2017.
- [4] Rukini, & Suhartono. Model ARIMAX dan Deteksi GARCH untuk Peramalan Inflasi Kota Denpasar. *Prosiding*, 2013.
- [5] Hamjah, M. A., & Chowdhury, A. K. Measuring Climatic and Hydrological Effects on Cash Crop Production and Production Forecasting in Bangladesh Using ARIMAX Model. *Mathematical Theory and Modeling*, Vol.4, No.6, 2014.
- [6] Gujarati, D. N. Basic Econometrics Fourth Edition. *New York: Mc Graw Hill*, 2003.
- [7] Tsay, R. S. Analysis of Financial Time Series Third Edition. *New York: John Wiley & Sons, Inc*, 2010.
- [8] Wei, W. W. Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods. *New York: Pearson*, 2006.