

Nanggroe: Jurnal Pengabdian Cendikia
 Volume 3, Nomor 10, Januari 2025, Halaman 54-64
 Licenced by CC BY-SA 4.0
 ISSN: [2986-7002](#)
 DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14772340>

Peramalan Harga Emas Antam : Pendekatan Metode Dekomposisi ARIMA dan Model ARCH-GARCH

Fikri Surahman¹, Indi Prilistiana²,
 Vhania Mutiara Sinaga³, Neli Agustina³

¹²³⁴Politeknik Statistika STIS
 email: vhaniamutiara@gmail.com, neli@stis.ac.id

Abstract

Gold is one of the precious metals that serves as a standard medium of financial exchange in various countries. Additionally, gold is used as an asset for investment purposes. This is due to its zero-inflation characteristic, which acts as a hedge against inflation and economic uncertainty. Antam gold is one type of gold that attracts high interest from both investors and the general public. However, the fluctuating price of Antam gold requires investors to continuously monitor its price movements. This study aims to predict the value of Antam gold from January 13 to January 31, 2025, using the ARIMA decomposition and ARCH-GARCH methods. Based on the research findings, the predicted price of Antam gold for the given period shows an increasing trend. The decomposition-ARIMA (1,1,1) method, which integrates time series decomposition into trend, seasonal, cyclical, and random components while applying ARIMA to the random component, is identified as more accurate than the GARCH(1,0) model. This is evidenced by the MAPE value of the decomposition-ARIMA model, which is 0.185%, slightly better than the GARCH model at 0.898%.

Keywords: forecasting, gold, ARIMA, ARCH-GARCH

Abstrak

Emas adalah salah satu logam mulia yang berfungsi sebagai standar alat tukar keuangan di berbagai negara. Selain itu, emas juga digunakan untuk menyimpan aset dengan berinvestasi. Hal ini dikarenakan emas memiliki sifat *zero inflation* yang menjadi pelindung nilai dari inflasi dan ketidakpastian ekonomi. Emas antam merupakan salah satu jenis emas yang memiliki minat yang tinggi dari para investor maupun masyarakat. Namun demikian, nilai harga emas antam yang cenderung berubah-ubah setiap waktu menjadikan investor harus mengetahui pergerakan daripada harga emas antam setiap waktu. Tujuan penelitian ini yaitu memprediksi nilai emas antam periode 13 Januari sampai dengan 31 Januari 2025 menggunakan metode dekomposisi ARIMA dan ARCH-GARCH. Berdasarkan hasil penelitian, prediksi nilai harga emas antam untuk periode tersebut memiliki kecenderungan meningkat. Metode dekomposisi-ARIMA (1,1,1) yang mengintegrasikan dekomposisi data deret waktu menjadi komponen tren, musiman, siklus, dan acak dengan ARIMA untuk komponen acak, yang diidentifikasi lebih akurat daripada model GARCH(1,0). Hal ini ditunjukkan pada nilai MAPE model dekomposisi-ARIMA sebesar 0,185%, sedikit lebih baik daripada model GARCH sebesar 0,898%.

Keywords: peramalan, emas, ARIMA, ARCH-GARCH

PENDAHULUAN

Emas merupakan salah satu logam mulia yang digunakan dalam perdagangan dan berperan sebagai standar alat tukar keuangan di banyak negara. Ketidakpastian ekonomi terjadi dalam beberapa tahun terakhir, seperti perang dagang antara negara-negara besar, pandemi COVID-19, serta tekanan inflasi global, mendorong kenaikan permintaan terhadap emas. Di tengah ketidakpastian ini, emas sering dinilai sebagai "Safe Haven" atau aset yang memberikan perlindungan dari volatilitas nilai tukar dan risiko investasi lainnya (Puspita et al., 2021). Tingginya inflasi dan melemahnya nilai tukar rupiah terhadap dolar AS di Indonesia memiliki korelasi positif dengan peningkatan harga emas, terutama karena masyarakat dan investor mencari alternatif investasi yang lebih stabil untuk mengamankan nilai aset mereka (Agustina, 2020).

Di Indonesia, emas menjadi salah satu aset investasi yang tidak hanya diminati oleh individu, tetapi juga oleh sektor rumah tangga, pemerintah, serta investor institusional, baik dalam maupun luar negeri. Karakteristik emas sebagai aset pelindung nilai (*hedging*) terhadap inflasi dan ketidakpastian ekonomi menjadi daya tarik utama, terutama di tengah situasi ekonomi yang bergejolak. Investasi emas juga dapat digunakan untuk melindungi nilai mata uang dari inflasi karena emas memiliki sifat *zero inflation* (Puspita et al., 2021).

Bagi pemerintah Indonesia, harga emas yang fluktuatif memberikan tantangan dalam kebijakan ekonomi, terutama dalam menjaga stabilitas ekonomi domestik. Di satu sisi, pemerintah perlu menjaga daya beli masyarakat dengan mengendalikan inflasi. Namun, pemerintah juga harus memastikan bahwa instrumen investasi yang aman tersedia untuk rumah tangga dan individu, yang sering kali menjadikan

emas sebagai pilihan utama. Inflasi yang tinggi dapat menyebabkan masyarakat kehilangan daya beli, sehingga mereka beralih ke emas untuk menjaga nilai aset mereka. Penelitian dari Nugroho et al. (2021), menunjukkan bahwa permintaan emas di Indonesia meningkat seiring dengan naiknya inflasi, terutama di kalangan rumah tangga yang memiliki keterbatasan akses terhadap instrumen investasi lainnya.

Berinvestasi emas sudah banyak dilakukan oleh semua lapisan masyarakat karena mudah untuk dilakukan. Salah satu hal yang krusial dalam investasi emas adalah pengetahuan mengenai prediksi harganya. Prediksi harga emas digunakan untuk mengetahui gambaran pergerakan harga emas di masa yang akan datang. Namun demikian, harga emas bisa saja berubah-ubah sepanjang waktu, bahkan dalam waktu satu hari, sehingga menyebabkan ketidakpastian harga emas. Oleh karena itu, perlu dilakukan peramalan harga emas antam untuk mengetahui pergerakan harga emas di masa yang akan datang.

ARCH-GARCH (*Autoregressive Conditional Heteroskedasticity - Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk meramalkan data deret waktu pada harga emas. Metode peramalan model ARCH-GARCH dapat digunakan untuk data yang tidak memenuhi asumsi homoskedastisitas. Data dengan varian error term yang berbeda, yang lebih signifikan pada beberapa titik dalam seri data, bersifat heteroskedastisitas. Model ARCH GARCH ini memperhatikan heteroskedastisitas sebagai varian model (Lestari, 2022). Selain itu, data dalam bidang keuangan memang memiliki volatilitas yang menyebabkan probabilitas heteroskedastisitas sangat tinggi (Rr Erlina, 2023).

Selain itu, metode dekomposisi ARIMA juga digunakan untuk melakukan peramalan dengan daya berkala dan memiliki pola siklus. Menurut Makkulau et al. (2018), metode dekomposisi merupakan metode dengan mempertimbangkan empat komponen utama yaitu trend, siklus, musiman dan error dalam melakukan peramalan. Setelah dilakukan analisis, penting untuk mengevaluasi keakuratan model dekomposisi dalam memprediksi kasus. Pengujian tingkat akurasi dapat digunakan untuk menentukan apakah model peramalan tertentu layak untuk digunakan dalam peramalan.

Menurut Erlina Rr, et al. (2023), hasil penelitian menunjukkan bahwa model AR GARCH(1.1) dapat memberikan model peramalan terbaik dengan 99% konstruk yang dapat dijelaskan. Namun demikian, penelitian tersebut belum mempertimbangkan unsur siklus pada data tersebut. Sementara itu, peramalan menggunakan metode ARIMA memiliki hasil prediksi yang memiliki hasil berbeda dengan data aktualnya sehingga perlu dikembangkan menggunakan metode peramalan lainnya, seperti dekomposisi ARIMA (Sagala, 2023).

TINJAUAN PUSTAKA

Emas

Emas merupakan logam berkualitas tinggi dengan struktur panjang, tahan korosi, dan tampilan menarik. Emas dalam bagan periodik dilambangkan dengan Au dan memiliki nomor atom 79. Emas terkenal karena bobotnya yang ringan dan kemudahan penggunaannya, serta memiliki kekuatan dan ketahanan yang tinggi, sehingga banyak dimanfaatkan dalam berbagai industri, seperti konstruksi dan elektronik (Bachmann, 2006). Emas merupakan komoditas yang biasa digunakan sebagai media perdagangan sekaligus standar mata uang di beberapa negara. Emas adalah komoditas yang banyak diminati, baik sebagai aset, tabungan, maupun investasi. Investasi emas dianggap sebagai salah satu metode menabung yang sangat menguntungkan, karena harga emas cenderung meningkat seiring waktu dan memiliki risiko yang sangat rendah, sehingga memungkinkan investor untuk berinvestasi dengan aman tanpa khawatir akan kerugian (Sagala, et. al. 2023).

PT Aneka Tambang memiliki salah satu produk logam mulia bermerek Antam yang memiliki karakter tersendiri. Keunikan karakter dari emas antam menjadikan emas ini sulit untuk dipalsukan. Selain itu, emas antam memiliki variasi yang cukup banyak sehingga memudahkan minat daripada masyarakat dalam keputusan pembelian. Emas antam juga mudah ditemukan baik di toko *offline* maupun toko *online*. Hal ini menjadikan salah satu nilai tambah dari emas antam dan menjadikan emas antam tidak kalah saing dengan produk logam mulia lainnya (Nugroho et al., 2024).

Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan berbicara mengenai prediksi tentang apa yang terjadi di masa depan (Lestari, 2020). Heizer et al. (2015), mendefinisikan peramalan (*forecasting*) sebagai kemampuan dan pemahaman untuk meramalkan peristiwa yang akan terjadi di masa depan. Peramalan menggunakan data masa lampau dan menggunakannya untuk memperkirakan kondisi di masa depan dengan bantuan model matematika. Peramalan umumnya dilakukan dengan memanfaatkan data deret waktu. Data deret waktu mengacu pada data yang disusun berdasarkan waktu. Time series merupakan rangkaian observasi suatu variabel sepanjang waktu (Enders, 2004).

Stasioneritas

Baltagi (2008) mengatakan bahwa proses *time series* dikatakan stasioner ketika *mean* dan variansnya konstan dan independen terhadap waktu serta kovarians hanya tergantung pada jarak antara dua periode waktu. Berikut adalah yang dimaksud:

1. *Mean* : $E(Y_t) = \mu$ (1)
2. *Variance* : $Var(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2$ (2)
3. *Covariance* : $\gamma_k = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)] = \sigma^2$ (3)

Gujarati (2004) menyebutkan stasioneritas *time series* sangat penting karena apabila *time series* tidak stasioner, peneliti hanya dapat melihat perlakuan data hanya pada periode waktu tertentu dalam pembahasan terkait sehingga tidak bisa dilakukan generalisasi untuk periode waktu yang lain. Granger et al. (1974), menyebutkan ada beberapa masalah apabila meregresikan non stasioner *time series* pada analisis regresi. Jika *x* dan *y* adalah *independent random walk*, hasil yang diharapkan bahwa tidak ada hubungan dan hasil *t*-statistik akan tidak signifikan ketika dilakukan regresi *x* dan *y* dan estimasi nilai parameternya akan mendekati nol. Namun, kenyataannya Granger dan Newbold menemukan bahwa hasil dari regresi tersebut memiliki hubungan ditandai dengan hasil *t*-statistik yang signifikan dan koefisien determinasi yang tinggi. Hal ini yang kemudian dinamakan dengan *spurious regression*, yaitu regresi dengan hasil *R square* tinggi tetapi sebenarnya tidak ada hubungan antara variabel yang diregresikan. Hasil *R square* tersebut tidak mencerminkan apa yang sesungguhnya terjadi

Uji Stasioneritas

1. Uji Non Formal

Untuk menentukan kestasioneran data *time series*, dapat dilakukan melalui analisis grafik dan correlogram. Dalam analisis grafik, dapat dilihat melalui grafik *line* dari data yang bersangkutan. Apabila data tersebut cenderung berada dalam tren naik atau turun dapat disimpulkan bahwa kemungkinan data tersebut tidak stasioner.

2. Uji Formal (*Unit Root Test*)

Dalam pengujian stasioneritas, terdapat beberapa pengujian formal yang dapat dilakukan, yaitu sebagai berikut.

a. Dickey-Fuller Test

Salah satu contoh *time series* yang tidak stasioner adalah *random walk*. Berikut persamaan dari *random walk*:

$$Y_t = Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Keterangan:

- Y_t : variabel pada periode *t*
 Y_{t-1} : variabel pada periode *t-1*
 ε_t : error term

Random walk di atas merupakan bentuk dari AR(1) dengan *p* = 1. Jadi, uji untuk non stasioneritas adalah uji untuk *p* = 1 atau uji untuk *unit root* (Baltagi, 2008). *p* = 1 di sini dalam statistik artinya adalah *p* ≥ 1. Sebelumnya, persamaan

$$Y_t = pY_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

masing-masing ruas dikurangi dengan Y_{t-1} sehingga menjadi

$$\Delta Y_t = (p - 1)Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (6)$$

Apabila (*p* - 1) diganti dengan γ maka persamaan (6) menjadi

$$\Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (7)$$

Jika *p* ≥ 1 atau γ ≥ 1 maka data yang telah diuji tidak stasioner atau mengandung *unit root*.

Dickey & Fuller (1979) menyatakan terdapat tiga persamaan yang berbeda dalam menguji adanya *unit root*.

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (8)$$

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \gamma Y_{t-1} + \alpha_2 t + \varepsilon_t \quad (9)$$

Persamaan (7) merupakan persamaan *random walk* biasa, (8) merupakan persamaan *random walk* dengan adanya *intercept* sedangkan persamaan (9) *random walk* dengan *intercept* dan tren. Ketiga persamaan di atas menguji adanya *unit root* dengan $H_0: \gamma \geq 0$ atau terdapat *unit root* dalam data dengan hipotesis alternatifnya adalah $H_1: \gamma < 0$. Perbedaan terletak pada nilai *t*-tabel untuk mengujinya.

b. Augmented Dickey-Fuller Test

Augmented Dickey-Fuller merupakan uji Dickey-Fuller pada persamaan dengan order yang lebih tinggi. Berikut merupakan persamaan dalam uji *augmented Dickey-Fuller*, sama seperti uji Dickey-Fuller, terdapat tiga persamaan dalam menguji adanya *unit root*:

$$\Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (10)$$

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t$$

(11)

(12)

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \alpha_2 t + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t$$

Hipotesis nol dalam uji ini juga sama dengan uji Dickey-Fuller sebelumnya, yaitu $H_0: \gamma \geq 0$ atau terdapat *unit root* pada data yang diuji dengan hipotesis alternatifnya adalah $H_1: \gamma < 0$. Adapun

Statistik ujinya $ADF_{obs} = \frac{\hat{\gamma}}{se(\hat{\gamma})} \sim \tau_\alpha$ dengan wilayah kritis $ADF_{obs} \geq \text{tabel } \tau_\alpha$.

Autoregressive Model (AR)

AR merupakan bentuk regresi yang mengkorelasikan nilai-nilai dirinya sendiri sebelumnya pada time lag (selang waktu) yang bermacam-macam. Dengan kata lain, AR mampu menyatakan peramalan sebagai fungsi nilai-nilai sebelumnya dari deret waktu tertentu. Bentuk umum model *autoregressive* adalah dengan ordo p (AR(p)) atau model ARIMA (p,0,0).

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \dots + \phi_p X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (13)$$

Dimana:

X_t	: nilai variabel pada waktu ke-t
$X_t, X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-p}$	: nilai masa lalu dari <i>time series</i> yang bersangkutan pada waktu $t, t-1, \dots, t-p$
ϕ_i	: koefisien regresi, $i: 1, 2, 3, \dots, p$
ε_t	: nilai <i>error</i> pada waktu ke-t

Moving Average Model (MA)

MA merupakan mode yang melihat pergerakan variabel melalui residualnya di masa lalu. Bentuk umum model *moving average* adalah orde q (MA(q)) atau ARIMA (0,0,q)

$$X_t = \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad ; \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2) \quad (14)$$

Dimana:

X_t	: nilai variabel pada waktu ke-t
$\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots, \varepsilon_{t-p}$	: nilai <i>error</i> pada waktu $t, t-1, t-2, \dots, t-p$
θ_i	: koefisien regresi, $i: 1, 2, 3, \dots, p$
q	: orde MA

Autoregressive Moving Average Model (ARMA)

ARMA merupakan kombinasi dari model AR dan model MA pada data **stasioner**. Bentuk umum dari model *autoregressive moving average* adalah gabungan dari orde p (AR(p)) dan q (MA(q)) atau ARIMA (p,0,q).

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (15)$$

Dimana:

X_t	: nilai variabel pada waktu ke-t
ϕ_i	: koefisien regresi, $i: 1, 2, 3, \dots, p$
p	: orde AR
q	: orde MA
θ_i	: parameter model MA ke-i, $i: 1, 2, 3, \dots, q$
ε_t	: nilai <i>error</i> pada waktu ke-t
$\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots, \varepsilon_{t-p}$	: nilai <i>error</i> pada waktu $t, t-1, t-2, \dots, t-p$ dan ε_t diasumsikan <i>White Noise</i> dan normal

Autoregressive Integrated Moving Average Model (ARIMA)

ARIMA merupakan generalisasi dari *Autoregressive Moving Average (ARMA)* yang digunakan ketika proses ARMA tidak menghasilkan stasioneritas yang signifikan secara statistik. Model ini menggunakan metode Box Jenkins untuk menganalisis data yang akan dikumpulkan dari waktu ke waktu. Model ARIMA dilambangkan dengan notasi ARIMA (p,d,q), di mana p merupakan orde proses AR, d merupakan perbedaan (selisih) yang dilakukan untuk menstabilkan data, dan q merupakan orde proses MA.

$X_t = (1 + \phi_1)X_{t-1} + (\phi_2 + \phi_1)X_{t-2} + \dots + (\phi_p + \phi_{p-1})X_{t-p} - \phi_p X_{t-p-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$
atau dalam bentuk lain, yaitu:

$$\phi_p(1 - B)^d X_t = \theta_q(B) \varepsilon_t \quad (16)$$

Dimana:

X_t	: nilai variabel pada waktu ke-t
B	: operator backshift

p, d, q	: orde AR, orde pembeda, orde MA
$(1 - B)^d X_t$	: time series yang stasioner pada pembeda ke-d
ε_t	: nilai <i>error</i> pada waktu ke-t
$\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots, \varepsilon_{t-p}$	: nilai <i>error</i> pada waktu $t, t-1, t-2, \dots, t-p$ dan ε_t diasumsikan <i>White Noise</i> dan normal

Dekomposisi ARIMA Aditif

Pendekatan analisis deret waktu melibatkan usaha mengidentifikasi komponen-komponen yang mempengaruhi setiap nilai dalam deret waktu. Proses identifikasi ini dikenal sebagai dekomposisi. Setiap komponen diidentifikasi secara menyeluruh. Komponen-komponen ini kemudian digunakan untuk menentukan ramalan nilai-nilai pada masa mendatang dari data deret waktu tersebut. Komponen-komponen ini meliputi tren, siklus, musiman, dan galat atau *error*. Konsep dasar dalam metode dekomposisi empiris dan tetap meliputi pemisahan komponen musiman, lalu tren, dan akhirnya siklus. Residu yang ditemukan dapat diidentifikasi meskipun tidak dapat dideteksi. Menurut Gaspersz (1991), kesimpulan matematis umum yang diambil dari model dekomposisi adalah:

$$X_t = f(I_t, T_t, C_t, E_t)$$

dimana:

X_t adalah data actual pada period ke-t

I_t adalah indeks musiman pada period ke-t

C_t adalah unsur siklus pada periode ke-t

E_t adalah unsur kesalahan pada periode ke-t

Salah satu model dekomposisi adalah model aditif. Model dekomposisi aditif adalah metode dekomposisi rata-rata sederhana dan rasio tren yang didasarkan pada model aditif. Model ini bekerja dengan baik ketika data deret waktu yang dianalisis memiliki variabilitas yang sama di sepanjang periode yang dipertimbangkan. Bentuk fungsional model ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$X_t = (I_t + T_t + C_t) + E_t$$

Volatility

Volatilitas adalah ketika ragam dan rata-rata tidak seragam (Widarjono, 2005). Dalam bahasa, volatilitas berarti tidak stabil, suatu keadaan di mana data mengalami pergerakan naik turun, bahkan hingga ekstrem. Data runtun waktu atau deret waktu sangat tidak stabil, terutama data keuangan. Volatilitas tinggi dapat dilihat dari periode fluktuasi yang relatif tinggi, yang diikuti oleh periode fluktuasi yang rendah sebelum kembali ke fase fluktuasi yang tinggi (Ariefianto, 2012). Salah satu cara untuk mengukur seberapa besar dan sering indikator ekonomi mengalami perubahan adalah volatilitas, yang biasanya diukur melalui standar deviasi perubahan data deret waktu keuangan.

ARCH-GARCH (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity-Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity)

Model ARCH-GARCH merupakan model yang sangat populer dalam memodelkan volatilitas. Model ini digunakan ketika varians dari *error* tidak konstan. Model ARCH-GARCH diperkenalkan oleh Engle pada tahun 1982, yaitu model ARCH dan dikembangkan oleh Bollerslev pada tahun 1986, yaitu model GARCH. Berikut model ARCH-GARCH yang dimaksud (Enders, 2004):

1. Model ARCH

Berikut merupakan model ARCH, *conditional variance* sebagai proses AR (p) dengan menggunakan kuadrat dari estimasi residualnya:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2 \quad (17)$$

Keterangan :

σ_t^2 : varians pada periode ke-t

ε_{t-2}^2 : residual kuadrat periode t-p

p : ordo dari ARCH

2. Model GARCH

Model ini pertama kali diperkenalkan oleh Bollerslev pada tahun 1986 yang merupakan pengembangan dari model ARCH sebelumnya. Bollerslev mengajukan model *conditional variance* yang merupakan proses dari ARMA, bukan dari autoregresif saja. Berikut adalah model GARCH yang diajukan yang merupakan ARMA proses:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^q \beta_i \sigma_{t-i}^2 \quad (18)$$

Keterangan:

σ_{t-1}^2 : varians pada periode t-q

p, q : ordo dari GARCH (p,q)

Metode untuk Memilih Model Terbaik

- **Akaike's Information Criterion (AIC) dan Schwartz Criterion (SC)**

AIC dan SC adalah metode yang diperkenalkan oleh Akaike dan Schwarz, yang didasarkan pada pendekatan maximum likelihood estimation (MLE).. Berikut adalah rumus untuk menghitung AIC dan SC:

$$AIC = e^{-\frac{2k}{n} \sum_{i=1}^n \mu_i^2} \quad SC = \ln(AIC) = -\frac{2k}{n} \sum_{i=1}^n \mu_i^2$$

Semakin kecil nilai AIC dan SC yang diperoleh berarti semakin baik model yang digunakan (Wei, 2006).

- **Mean Absolute Percentage Error (MAPE)**

MAPE mengindikasikan seberapa besar kesalahan dalam meramal yang dibandingkan dengan nilai nyata. MAPE ini dihitung menggunakan *residual* absolut pada tiap periode kemudian dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode tersebut. Setelah itu, melakukan rata-rata pada kesalahan persentase absolut tersebut. Rumus MAPE adalah sebagai berikut:

(Makridakis, Wheelwright, & McGee, 1999)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Z_t - \hat{Z}_t}{Z_t} \right| \times 100\%$$

- **Root Mean Square Error (RMSE)**

Root Mean Square Error (RMSE) adalah salah satu ukuran akurasi dalam prediksi. Nilai RMSE digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan dalam hasil prediksi, di mana semakin kecil nilai RMSE (mendekati 0) semakin akurat prediksi yang diperoleh (Wei, 2006). Perhitungan RMSE sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n}}$$

METODE

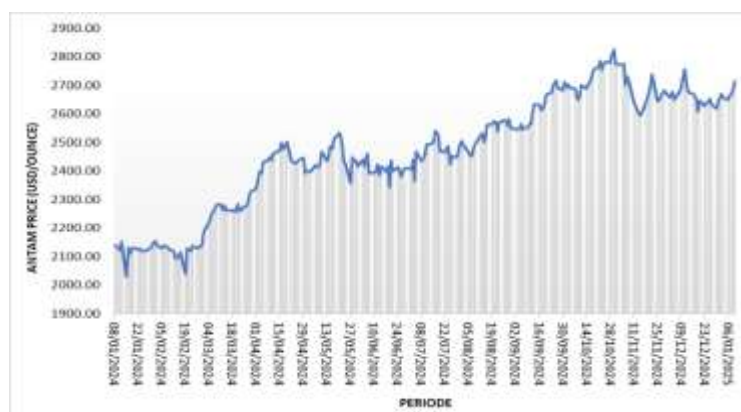
Penelitian ini menggunakan data sekunder, berupa harga emas Antam dari periode 8 Januari 2024 hingga 10 Januari 2025 (265 hari) yang diperoleh dari situs online (<https://id.investing.com/commodities/gold-historical-data>). Dengan menggunakan data tersebut, dilakukan pengolahan menggunakan software Eviews untuk melakukan peramalan dengan menggunakan metode ARCH-GARCH dan Excel untuk melakukan peramalan menggunakan metode Dekomposisi ARIMA. Analisis data pada penelitian ini yaitu menggunakan analisis deskriptif dan analisis inferensia. Analisis deskriptif pada penelitian ini yaitu analisis mengenai gambaran umum mengenai harga emas antam pada periode 8 Januari 2024 hingga 10 Januari 2025. Beberapa analisis yang digunakan untuk menjelaskan gambaran umum adalah grafik, ukuran pemusatan, dan sebagainya.

Tahapan Penelitian

Analisis yang digunakan selanjutnya adalah analisis inferensia. Analisis inferensia dilakukan dengan menggunakan metode ARCH-GARCH dan dekomposisi ARIMA Aditif. Sebelum melakukan perhitungan dengan metode ARCH-GARCH dan dekomposisi, dilakukan terlebih dahulu serangkaian pengujian, seperti uji kestasioneran data, proses perbedaan, dan correlogram untuk menetapkan koefisien autoregresi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Harga Emas Antam di Indonesia



Gambar 1. Perkembangan Harga Emas Antam 08 Januari 2024 - 10 Januari 2025

Berdasarkan gambar 1, dapat dilihat bahwa pergerakan harga emas antam di Indonesia bersifat fluktuatif dan cenderung membentuk tren menaik. Selama periode Januari 2024 sampai Desember 2025, persentase peningkatan harga emas antam terbesar terjadi pada 13 Februari 2024 hingga 5 April 2024 yaitu mencapai 15,88 persen. Perubahan harga emas antam yang signifikan setiap harinya terjadi pada periode 15 Mei 2024 hingga 19 Juli 2024, sedangkan penurunan terbesar terjadi pada 15 Januari 2024 dari 12 Januari 2024 yaitu mencapai -5,71 persen. Harga emas antam juga menunjukkan adanya fluktuasi dalam jangka pendek dan terjadi beberapa guncangan yang besar pada perkembangan harga emas. Oleh karena itu, banyak investor yang mencari aset dengan risiko rendah (*safe haven*) untuk mengamankan harta atau juga mempertahankan nilai kekayaan (*hedge*) dari gejolak pasar yang tidak menentu.

Model ARCH-GARCH

Pemodelan ARIMA mensyaratkan stasioneritas data. Oleh karena itu, langkah pertama dalam pemodelan adalah menguji kestasioneran data. Pengujian kestasioneran data dilakukan dengan menggunakan uji ADF Unit Root Test pada variabel harga emas antam Indonesia. Berdasarkan Tabel 1, nilai *p-value* adalah 0,6389, nilai tersebut lebih besar dari taraf signifikansi (5%) sehingga belum cukup bukti untuk menolak hipotesis nol, artinya data belum stasioner pada taraf level. Setelah dilakukan differencing pada orde pertama, data tersebut telah acak dan stasioner dengan nilai *p-value* < 5%. Sehingga, keputusan tolak H_0 yang artinya data stasioner pada differencing pertama.

Tabel 1 Uji Stasioneritas pada Level dan First Difference

Variabel	Nilai <i>p-value</i>	Keputusan	Kesimpulan
harga_antam	0,6389	Gagal Tolak H_0	Tidak Stasioner
D(harga_antam)	0,0000	Tolak H_0	Stasioner

Proses selanjutnya merupakan proses identifikasi untuk model ARIMA yaitu dilakukan dengan mengamati pola PACF dan ACF melalui korelogram *first difference* untuk mengetahui orde *p* dan *q* pada model ARIMA. Berdasarkan hasil correlogram terlihat bahwa model ARIMA mengalami lagging pada orde ke-1 dan ke-2. Setelah mengetahui ordo model ARIMA, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah mengestimasi parameter untuk memilih model yang terbaik. Estimasi parameter ARIMA dilakukan menggunakan Generalized Least Square (GLS) untuk memilih model yang terbaik. Model ARIMA yang terbaik dipilih berdasarkan nilai SC dan AIC yang terkecil dan parameter yang signifikan.

Berdasarkan hasil estimasi parameter tersebut, diperoleh model ARIMA (1,1,0) merupakan model estimasi terbaik dari model lainnya pada semua aspek pengukuran, yaitu nilai *Adjusted R-squared* yang memiliki nilai lebih besar, nilai untuk Akaike Information Criterion (AIC) dan Schwarz Criterion (SC) merupakan yang paling kecil serta parameter dalam model tersebut juga signifikan, terlihat dari nilai *p-value* < 5%. Hasil dari estimasi parameter model ARIMA dapat dilihat pada Tabel 2.

Model	Variabel	Coefficient	p-value	Adjusted R-Squared	SC	AIC
ARIMA (1,1,0)	Constant	3,1442	0.0397	0,1405	9,4552	9,4075
	AR(1)	-0,3843	0,0000			

Tabel 2 Estimasi Parameter Model ARIMA(1,1,0)

Model ARIMA (1,1,0) dapat ditulis ke dalam bentuk persamaan berikut :

$$\hat{ANTAM}_t = 3,1442 - 0,3843ANTAM_{t-1} + \varepsilon_t$$

Pengujian ini dilaksanakan untuk menilai kecukupan dari model yang diterapkan. Proses pengujian diagnostik residual meliputi pengujian white noise dan pengujian asumsi homoskedastisitas. Pengujian white noise dilakukan untuk menyatakan bahwa tidak terdapat korelasi di dalam deret residual. Pengujian asumsi klasik pada model ARIMA mencakup pengujian white noise dengan metode Ljung-Box dan pengujian homoskedastisitas menggunakan tes ARCH-LM. Rangkuman dari pengujian diagnostik residual dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Uji Diagnostik Residual

Jenis Pengujian	<i>p-value</i>	Keputusan	Kesimpulan
White Noise	0,0000	Tolak H0	Asumsi Terpenuhi
ARCH-LM	0,0038	Gagal Tolak H0	Asumsi Tidak Terpenuhi

Berdasarkan Tabel 3, hasil pengujian asumsi klasik pada model ARIMA(1,1,0) memenuhi syarat white noise tetapi tidak memenuhi asumsi homoskedastisitas yang artinya varians residual model tidak konstan. Oleh karena itu, untuk mengatasi volatilitas akibat pelanggaran asumsi tersebut, model ARCH-GARCH merupakan model yang direkomendasikan. Setelah melakukan pengujian homoskedastisitas, langkah berikutnya adalah menentukan model ARCH-GARCH yang terbaik secara tentatif. Kriteria model yang terbaik adalah signifikansi parameter yang diestimasi, serta kriteria nilai AIC dan SC terkecil. Ringkasan estimasi parameter model ARCH-GARCH dapat dilihat pada Tabel 4.

Model	Variabel	Coefficient	p-value	SC	AIC
GARCH (1,0)	Constant	2,1613	0,1342	9,4320	9,3683
	AR(1)	-0,3181	0,0019		
	RESID (-1)	0,23994	0,0345		
GARCH (0,1)	Constant	3,1577	0,0148	9,43998	9,4361
	AR(1)	-0,3866	0,0000		
	GARCH (-1)	0,1714	0,9006		
GARCH (1,1)	Constant	3,1731	0,1369	9,5518	9,4721
	AR(1)	0,0010	0,9918		
	RESID (-1)	0,1500	0,0167		
	GARCH (-1)	0,0653	0,7967		

Tabel 4. Estimasi Parameter Model ARCH-GARCH

Model GARCH(1,0) diperoleh sebagai model yang terbaik karena memiliki nilai AIC dan SC terkecil serta parameter model mean dan varians signifikan. Evaluasi model dilakukan untuk memeriksa apakah model tidak memiliki unsur heteroskedastisitas, yaitu dilakukan dengan menggunakan uji ARCH-LM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai F-Statistik sebesar 0,109294 lebih kecil dari nilai titik kritisnya $F_{(0,05;1;265)} = 3,8768$, dan *p-value* sebesar 0,7413 lebih besar dari tingkat signifikansi 5%.

Dekomposisi-Model ARIMA

Metode dekomposisi digunakan untuk meramalkan komponen musiman dan trend data harga emas Antam Indonesia. Komponen acak diramalkan menggunakan metode ARIMA. Hasil metode dekomposisi dan metode ARIMA digabungkan untuk memperoleh hasil peramalan harga emas. Tahap pertama adalah menentukan persamaan trend dari data aktual. Persamaan trend linier ditentukan menggunakan metode kuadrat terkecil, sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$Trend = 2465,6383 + 2,376t$$

Setelah mendapatkan persamaan tren linier, langkah berikutnya adalah menentukan indeks musiman dengan menggunakan metode moving average. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Indeks Musiman

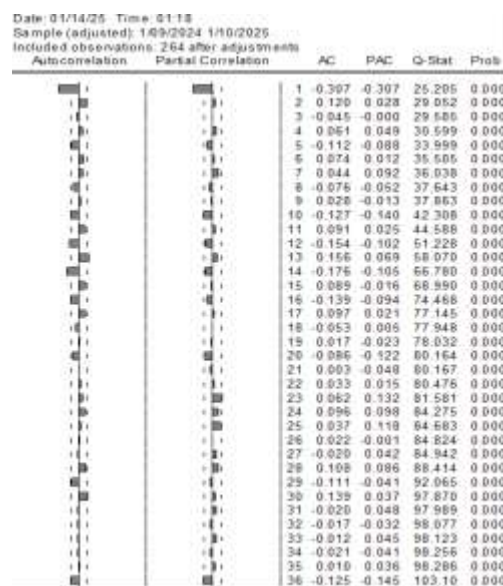
Hari	Periode (t)	Indeks Musiman
Senin	1	0.998
Selasa	2	1.001
Rabu	3	1.000
Kamis	4	1.000
Jumat	5	1.002

Pola harga emas antam memiliki trend naik dengan varians yang relatif konstan atau sama sepanjang deret waktu, sehingga metode dekomposisi yang digunakan adalah metode dekomposisi aditif. Komponen acak diperoleh dengan mengurangkan data aktual dengan indeks musiman dan komponen tren, yaitu $Y_t - I_t - T_t = E_t$. Setelah memperoleh komponen acak (E_t), langkah selanjutnya adalah melakukan peramalan untuk komponen acak tersebut menggunakan model ARIMA.

Tabel 6. Hasil Uji Akar Unit Data Acak dengan ADF pada Level dan First Difference

Variabel	t-hitung	p-value	Kesimpulan
Random	-2.21975	0.1998	Tidak Stasioner
D(random)	-22.1822	0.0000	Stasioner

Tabel 6 menunjukkan hasil uji akar unit komponen random, diperoleh nilai *p-value* yang lebih dari 5%, jadi tidak cukup bukti untuk menolak 0. Hal ini berarti bahwa data belum stasioner pada tingkat tersebut. Setelah dilakukan pembeda (*differencing*) pada orde pertama, data acak telah stasioner dengan nilai *p-value* kurang dari 5%. Jadi dapat menolak hipotesis nol yang berarti data stasioner pada differencing pertama. Selanjutnya, identifikasi model alternatif berdasarkan plot korelogram PACF dan ACF. Plot korelogram dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2 Korelogram Data Acak pada First Difference

Berdasarkan correlogram pada Gambar 2, terdapat nilai ACF dan PACF yang memotong garis bartlett pada lag ke-1 dan ke-2. Oleh karena itu, terdapat beberapa alternatif pilihan model ARIMA pada orde ke-1 dan ke-2. Model ARIMA terbaik dipilih berdasarkan nilai AIC dan SC terkecil serta parameter yang signifikan. Model ARIMA terbaik yang dipilih berdasarkan hasil estimasi adalah ARIMA(1,1,1). Hasil estimasi parameter model ARIMA(1,1,1) dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Estimasi Model ARIMA pada Data Acak

Model	Variabel	Coefficient	p-value	Adjusted R-Squared	SC	AIC
ARIMA (1,1,1)	Constant	0,7690	0.0397	0,1371	9,4796	9,4161
	AR(1)	-0,4504	0,0000			
	MA(1)	0,0778	0,7410			

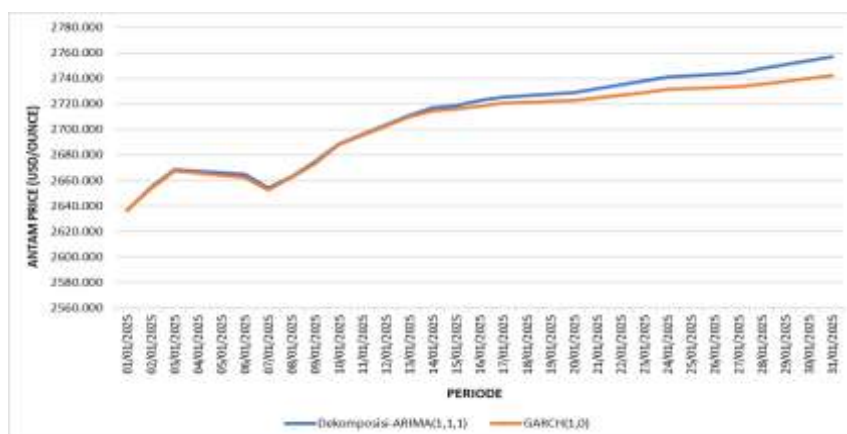
Berdasarkan Tabel 7, model ARIMA(1,1,1) memiliki nilai Adjusted R-Squared yang paling besar dan nilai AIC dan SC terkecil di antara model alternatif lainnya. Parameter pada model ini juga signifikan terlihat dari nilai *p-value* < 5% sehingga dipilih menjadi model terbaik. Dengan menggunakan Model ARIMA (1,1,1) merupakan peramalan komponen acak. Tahap terakhir pembentukan model ARIMA adalah melakukan pengujian dari asumsi residual yang terdiri dari uji distribusi normal dan uji white noise.

Berdasarkan kedua metode peramalan tersebut, model terbaik untuk peramalan harga emas Indonesia adalah model Decomposition-ARIMA(1,1,1) dan GARCH(1,0). Pengukuran akurasi hasil peramalan dari kedua model tersebut menggunakan RMSE dan MAPE. Tabel 9 menampilkan hasil uji akurasi model Decomposition-ARIMA(2,1,2) dan GARCH(1,0), dengan menggunakan data out sample (data pengujian). Berdasarkan hasil uji akurasi tersebut, model Decomposition-ARIMA(2,1,2) dan GARCH(1,0) memiliki MAPE dibawah 10%, yang berarti bahwa kedua metode peramalan tersebut sangat baik dalam meramalkan harga emas, dan dapat digunakan untuk meramalkan periode mendatang. Namun, berdasarkan nilai MAPE, akurasi peramalan harga emas dengan metode Dekomposisi-ARIMA(1,1,1) lebih akurat dibandingkan dengan model GARCH(1,0).

Tabel 8. Akurasi Model Dekomposisi-ARIMA(1,1,1) dan GARCH(1,0)

Model	MAPE	RMSE
Dekomposisi-ARIMA(1,1,1)	0,1847%	14,1763
GARCH(1,0)	0,8979%	30,8708

Dengan menggunakan metode dekomposisi-ARIMA(1,1,1) akan dilakukan peramalan untuk 1 bulan mendatang mulai dari tanggal 13 Januari 2025 sampai dengan 31 Januari 2025. Rata-rata harga emas antam Indonesia adalah 2991,445 USD per ounce atau setara dengan IDR Rp1.566.727 per gram. Berdasarkan hasil peramalan dapat diketahui bahwa harga emas Indonesia mengalami tren kenaikan, seperti yang terlihat pada Gambar 3. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahma (2021), yang menunjukkan bahwa emas merupakan aset *safe haven* dan sebagai lindung nilai terhadap gejolak ekonomi. Oleh karena itu, para investor maupun masyarakat dapat menjadikan emas sebagai lindung nilai atas asetnya.



Gambar 4. Hasil Peramalan Harga Emas Antam Periode 13 Januari 2025 - 31 Januari 2025

Data harga emas mengandung volatilitas, ditunjukkan dari hasil pengujian heteroskedastisitas dengan menggunakan uji ARCH-LM. Hasil pengujian menyimpulkan bahwa varians residual model tidak konstan, sehingga model ARCH/GARCH digunakan untuk mengatasi volatilitas. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya terkait dengan model ARCH/GARCH (Rr Erlina, et al., 2023), untuk mengatasi masalah volatilitas. Dari beberapa alternatif model ARCH/GARCH, model GARCH(1,0) dipilih sebagai model terbaik karena memiliki AIC terkecil dan rata-rata parameter model signifikan. Model GARCH(1,0) memiliki MAPE di bawah 10%, artinya metode ini sangat baik untuk peramalan periode mendatang. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang memprediksi harga emas dunia dengan volatilitas, yang menunjukkan model GARCH tepat (Rr Erlina et al., 2023).

Hasil peramalan harga emas antam Indonesia menggunakan model dekomposisi-ARIMA(1,1,1) dan model GARCH(1,0) menghasilkan tingkat akurasi kurang dari 10%. Tingkat akurasi peramalan sebesar 0,185% untuk dekomposisi ARIMA(1,1,1) dan 0,898% untuk GARCH(1,0). Hasil ini menunjukkan bahwa model dekomposisi-ARIMA(1,1,1) lebih akurat dibandingkan dengan model GARCH(1,0). Hasil perkiraan harga emas antam yang lebih akurat diperoleh dengan menguraikan data harga emas menjadi komponen-komponennya.

Dengan menggunakan model terpilih yaitu model dekomposisi-ARIMA(1,1,1). Hasil ramalan harga emas antam Indonesia pada sepanjang bulan Januari 2025 cenderung mengalami tren kenaikan, dengan harga rata-rata sebesar Rp1.566.727 per gram. Dengan mengetahui estimasi harga dan pola harga emas antam Indonesia, akan memberikan informasi tambahan bagi investor untuk menentukan pilihan investasi. Emas merupakan investasi logam yang banyak diminati karena harga komoditas emas terbukti mengalami kenaikan secara terus menerus.

KESIMPULAN

Harga emas antam Indonesia telah menunjukkan tren kenaikan sejak Januari 2024 hingga Desember 2024 meskipun terjadi fluktuasi jangka pendek yang dipengaruhi oleh kondisi dan peristiwa ekonomi global dan ketegangan geopolitik. Karakteristik emas ini mendukung daya tariknya sebagai opsi investasi yang stabil selama ketidakpastian ekonomi. Penelitian ini menyoroti pentingnya menggunakan model peramalan yang kuat dan akurat untuk investasi keuangan, yaitu model GARCH dan dekomposisi-ARIMA. Kinerja superior dari model dekomposisi-ARIMA menawarkan wawasan berharga bagi investor yang ingin meningkatkan strategi portofolio mereka dengan memanfaatkan prediksi harga emas yang tepat. Metode dekomposisi-ARIMA (1,1,1) mengintegrasikan dekomposisi data deret waktu menjadi komponen tren, musiman, siklus, dan acak dengan ARIMA untuk komponen acak, yang diidentifikasi lebih akurat daripada model GARCH(1,0). Model dekomposisi-ARIMA memberikan MAPE sebesar 0,185%, sedikit lebih baik daripada model GARCH sebesar 0,898%.

REFERENSI

- Agustina, Ria. (2020). Minat Masyarakat pada Investasi Emas di Pegadaian Syariah Cabang Ahmad Yani Pekanbaru dalam Perspektif Ekonomi Syariah
- Andriyanto, Teguh. (2017). Sistem Peramalan Harga Emas Antam Menggunakan Double Exponential Smoothing. *Jurnal INTENSIF* 1(1). ISSN: 2549-6824.
- Ariefianto, M.D. 2012. *Ekonometrika, Esensi dan Aplikasi dengan Menggunakan Eviews*. Jakarta: Erlangga.
- Bachmann, H.G. (2006). *The lure of gold : an artistic and cultural history*. New York : Abbeville Press
- Baltagi, B. (2008). *Econometrics*. New York: Springer.
- Djami, Ronald John., & Sanlly Joanne Latupeirissa. (2020). Peramalan Harga Emas di Indonesia Tahun 2014-2019 dengan Metode ARIMA Box-Jenkins. *Journal of Statistics and Its Applications*. 2(2), hl 53-62. e-ISSN: 2685-872X
- Enders, W. (2004). *Applied Econometric Time Series, Second Edition*. USA: John Wiley & Sons.
- Gujarati, D. (2004). *Basic Econometrics, Fourth Edition*. Boston: TheMcGraw-Hill Companies.
- Granger, Clive W.J. and Newbold P., *Spurious Regression in Econometrics*, *Journal of Econometrics*, 2, 111-120, 1974.
- Gasperz, V. (1991). *Metode Perancangan Percobaan*. Bandung: Armico
- Heizer, Jay and Render Barry, (2015), *Manajemen Operasi : Manajemen Keberlangsungan dan Rantai Pasokan*, edisi 11, Salemba Empat: Jakarta.
- Lestari, E. P., Prajanti, S. D. W., Wibawanto, W., & Adzim, F. (2022). ARCH-GARCH analysis: An approach to determine the price volatility of red chili. *AGRARIS: Journal of Agribusiness and Rural Development Research*, 8(1), 90-105.
- Maharani, et. al., (2023). Aplikasi Model ARIMA GARCH dalam Peramalan Data Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar Tahun 2017-2022. vol 24(1). *Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi*.
- Makkulau, Raya, R., & Marlinda, S. (2018). Aplikasi Metode Dekomposisi Pada Peramalan Jumlah Kelahiran. *Seminar Nasional Teknologi Terapan Berbasis Kearifan Lokal (SNT2BKL)*, 1(1), 535–545.
- Naya, Fatasya Putri., et.al., (2024). Peramalan Harga Beras Indonesia Menggunakan Metode ARIMA. *Jurnal INTELEKTIVA*. 6(2), hl 184-193. E-ISSN 2686-5661.
- Nugroho, et al., (2024). Peran Literasi Keuangan dalam Memutuskan Pembelian Logam Mulia pada Masyarakat Tambun Selatan. *Jurnal Kajian Ekonomi dan Bisnis Islam*. vol 5(4), 3250 - 3258 P-ISSN 2620-295 E-ISSN 2747-0490, doi: 1047467/elmal.v5i4.1924.
- Pratama, Apriliyanus Rakhmadi., & Firdaus. (2024). Perbandingan Metode ARIMA dengan Fussy Time Series Model Chen pada Peramalan Curah Hujan di Kota Bengkulu. *Jurnal MATH-UMB.EDU*. 11(3), hl 154-166.
- Puspita Aldra., & Canggih Clarashinta. (2021). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Minat Masyarakat Terhadap Investasi Emas. *Jurnal Ekonomika dan Bisnis Islam*, 4 (2), hl. 98–108.
- Ramadhan, F. I. & Muttaqin, A. A (2024). Analisis Minat Masyarakat Untuk Investasi Emas Di Pegadaian. *Contemporary Studies in Economic, Finance, and Banking*. Volume 03, Number 3, Pages 661-678. Universitas Brawijaya. <http://dx.doi.org/10.21776/csefb.2024.03.3.09>
- Rr Erlina, et. el., (2023). Analysis of Gold Price Movements Through a Financial Forecasting Model Approach. *WSEAS TRANSACTIONS on BUSINESS and ECONOMICS*. 2224-2899. doi: 10.37394/23207.2023.20.152
- Sagala, Junita Putri., & Estina Dewi Tarigan. (2023). Analisis Peramalan Harga Emas Antam Menggunakan ARIMA. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Matematika*. 2(1), hl 77-84.
- Wei, William. (2006). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. Pearson Addison Wesley
- Widarjono, A. (2005). *Ekonometrika Pengantar dan Aplikasinya*. Ekonosia.