JEms Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 15 Nomor 3 September Tahun 2026
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v15i3.6400

Peramalan Harga Perak dengan Vector Error Correction Model (VECM)

Desy Eki Cahyani[a], Wellie Sulistijanti[b,*]

[a,b]Institut Teknologi Statistika dan Bisnis Muhammadiyah Semarang, Semarang, Indonesia
*email: wellie.sulistijanti@itesa.ac.id

Abstrak. Peramalan harga perak memiliki peran penting dalam mendukung pengambilan keputusan bagi investor maupun pelaku industri karena dapat membantu mengurangi ketidakpastian akibat fluktuasi harga. Berdasarkan data dari London Bullion Market Association dan Yahoo Finance periode Januari 2018 hingga Desember 2025, harga perak, emas, dan bitcoin menunjukkan pergerakan yang fluktuatif dengan tren yang cenderung meningkat. Karakteristik data yang tidak stasioner serta adanya kemungkinan hubungan jangka panjang antar variabel menjadi dasar penggunaan metode Vector Error Correction Model (VECM). Metode ini mampu mengidentifikasi hubungan keseimbangan jangka panjang sekaligus menangkap dinamika jangka pendek antar variabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa harga emas berpengaruh signifikan terhadap harga perak dalam jangka panjang, sedangkan dalam jangka pendek harga perak lebih dipengaruhi oleh pergerakannya sendiri. Model terbaik yang diperoleh adalah VECM(1) dengan nilai Mean Squared Error (MSE) sebesar 652,47. Hasil peramalan menggunakan model VECM(1) menunjukkan adanya tren peningkatan harga perak untuk 4 periode ke depan, dengan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 21,48% yang menunjukkan bahwa model memiliki tingkat akurasi yang cukup baik..

Kata Kunci: Analisis Deret Waktu, Peramalan, Error, VECM, Perak.

PENDAHULUAN

Perak (silver) merupakan kelompok logam mulia yang memiliki karakteristik unik dibandingkan komoditas lainnya. Selain berfungsi sebagai aset investasi, perak juga memiliki nilai guna yang tinggi dalam sektor industri global, khususnya karena sifat fisiknya yang memiliki daya hantar listrik yang baik dan titik lebur yang relatif rendah. Dualisme fungsi tersebut menyebabkan permintaan perak tidak hanya dipengaruhi oleh faktor ekonomi, tetapi juga oleh perkembangan sektor industri global.

Permintaan perak untuk industri menunjukkan tren yang signifikan, dengan capaian sebesar 680,5 juta ons pada tahun 2024 (Silver Institute, 2025). Selain itu, berdasarkan data dari London Bullion Market Association pada periode Januari 2018 hingga Desember 2025 harga perak menunjukkan pergerakan yang fluktuatif. Fluktuasi tersebut mengindikasikan adanya ketidakstabilan yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik dari sisi ekonomi global maupun keterkaitannya dengan instrumen investasi lain (Qutshiyah, I., & Yudistira, 2025). Kondisi fluktuasi harga perak yang tidak stabil menunjukkan pentingnya peramalan sebagai dasar pengambilan keputusan. Peramalan harga perak memiliki peran strategis bagi investor maupun pelaku industri dalam mengurangi ketidakpastian dan risiko akibat volatilitas pasar. Bagi investor, hasil peramalan dapat digunakan untuk menentukan waktu yang tepat dalam

Copyright ©2026 by Author.
Published by Prodi Pendidikan Matematika dan
Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 15 Nomor 3 September Tahun 2026
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v15i3.6400

melakukan transaksi. Oleh karena itu, diperlukan model peramalan yang mampu menggambarkan dinamika pergerakan harga secara akurat.

Peramalan harga perak tidak dapat dilakukan secara sederhana karena adanya keterkaitan dengan berbagai variabel ekonomi lain yang saling memengaruhi. Salah satu faktor perubahan harga perak di antaranya dipengaruhi oleh harga emas (San, 2019). Naik dan turunnya harga emas dapat memengaruhi pergerakan harga perak, karena emas dianggap sebagai *price leader* dalam pasar logam mulia, sehingga perubahan harga emas dapat memberikan pengaruh terhadap harga komoditas logam lainnya (Qutshiyah, I., & Yudistira, 2025). Selain itu, perkembangan aset digital kripto juga menjadi faktor lain yang memengaruhi harga perak (Rojabi, 2025). kehadiran aset kripto seperti bitcoin memberikan alternatif investasi baru bagi investor, sehingga dapat memengaruhi aliran modal antar aset. Kondisi ini menyebabkan terjadinya pergeseran preferensi investor antara aset digital dan logam mulia, yang pada akhirnya berdampak pada dinamika permintaan dan pergerakan harga perak (Shafira, 2023).

Kompleksitas hubungan ini menyebabkan pola pergerakan harga perak menjadi sulit dijelaskan dengan pendekatan univariat. Hal ini dikarenakan pergerakan harga perak juga memiliki keterkaitan dengan variabel ekonomi lain yang cenderung bergerak secara bersama dalam suatu sistem. Dalam konteks data runtun waktu, variabel – variabel ekonomi tersebut umumnya memiliki karakteristik tidak stasioner dalam tingkat level, namun menunjukkan adanya hubungan jangka panjang atau kointegrasi (Nugraheni et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan analisis multivariat yang mampu meramalkan dan menangkap dinamika jangka pendek sekaligus hubungan jangka panjang antar variabel.

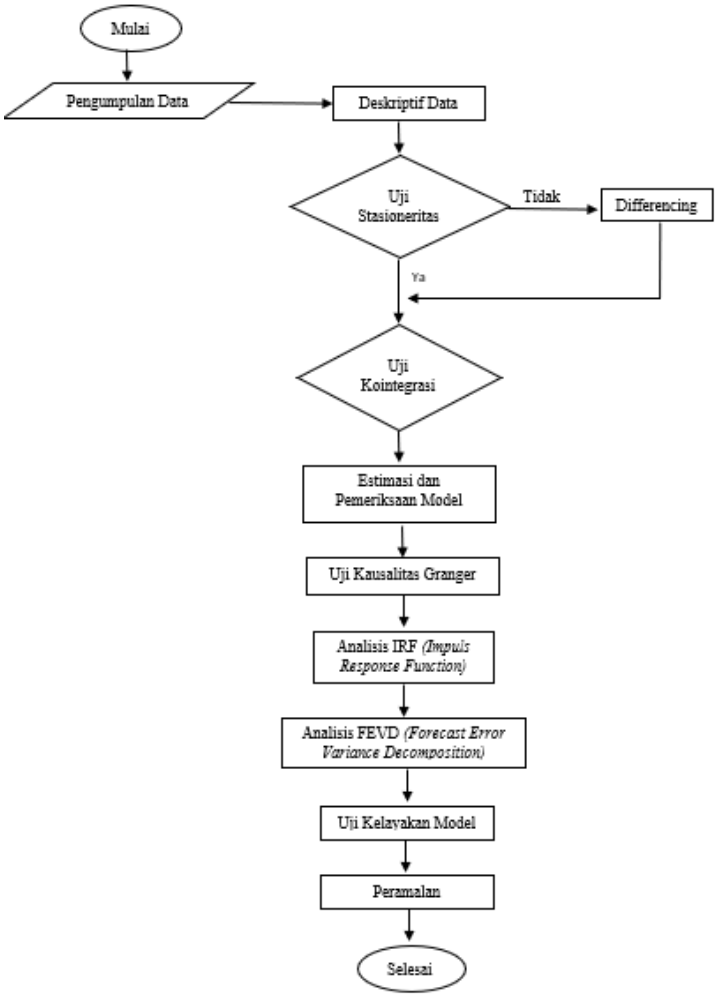
Dengan memperhatikan karakteristik data dan keterkaitan antarvariabel tersebut, metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Vector Error Correction Model* (VECM) untuk melakukan peramalan harga perak. Metode VECM mampu mengidentifikasi hubungan jangka panjang melalui mekanisme kointegrasi serta menjelaskan dinamika penyesuaian jangka pendek menuju keseimbangan (Putri et al., 2023). Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa model VECM memiliki kinerja yang baik dalam memprediksi data ekonomi yang saling berkaitan. Penelitian oleh (Fahria et al., 2023) berjudul "Prediksi Spot Price Komoditas Emas Berjangka dengan Pendekatan *Vector Error Correction Model*" hasilnya menunjukkan bahwa VECM(2) adalah model terbaik yang membuktikan adanya hubungan kointegrasi antar variabel dan menunjukkan hasil yang cukup baik dalam memprediksi nilai *spot price* emas hingga 10 hari kedepan. Sedangkan penelitian oleh (Putra & Rahayuningsih, 2025) dengan judul "Pengaruh Inflasi, Kurs, dan Investasi Infrastruktur Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia: Analisis Menggunakan Model VECM (1993 – 2023)" menganalisis inflasi, kurs, dan investasi infrastruktur terhadap pertumbuhan ekonomi dengan metode *Vector Error Correction Model* (VECM). Model mengidentifikasi mekanisme koreksi kesalahan *Error Correction Mechanism* (ECM) yang signifikan, dengan koefisien negatif sebesar 41,49%, hasil tersebut memvalidasi kemampuan VECM untuk memodelkan penyesuaian jangka panjang pada variabel ekonomi. Dari penelitian tersebut peramalan dengan model VECM diharapkan dapat memprediksi harga perak *(silver)* dengan variabel yang berkaitan yakni harga emas dan bitcoin tersebut pada periode kedepan yang lebih komprehensif dan akurat.

METODE PENELITIAN

Copyright ©2026 by Author.
Published by Prodi Pendidikan Matematika dan
Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 15 Nomor 3 September Tahun 2026
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v15i3.6400

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, diperoleh dari *London Bullion Market Association* (LBMA) dan *Yahoo Finance.* Periode pengamatan dari bulan Januari 2018 hingga Desember 2025. Seluruh data bersifat kuantitatif dengan ukuran sebaran data menggunakan data rata – rata bulanan dengan satuan USD/troy ounce. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pendekatan ekonometrika menggunakan model Vector Error Correction Model (VECM). Alur tahapan penelitian yang digunakan secara keseluruhan ditampilkan pada Gambar 1 berikut



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Vector Error Coreection Model

Model *Vector Error Correction Model* (VECM) merupakan bentuk lanjutan dari model *Vector Autoregressive* (VAR) oleh Engle dan Granger, yang dirancang untuk menangani data yang memiliki hubungan kointegrasi (Shafira, 2023). Model ini diterapkan pada data deret waktu yang mencapai kestasioneran setelah dilakukan *differencing* pertama dan telah lolos uji kointegrasi. Tidak seperti VAR, VECM memerlukan variabel yang tidak stasioner pada tingkat level tetapi tetapi menjadi stasioner setelah dilakukan *differencing* pada urutan yang sama.

Copyright ©2026 by Author.
Published by Prodi Pendidikan Matematika dan
Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 15 Nomor 3 September Tahun 2026
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v15i3.6400

VECM memanfaatkan hasil dari tes kointegrasi unttuk mempresentasikan hubungan jangka panjang di antara variabel – variabel, sehingga VAR(p) dimodifikasi menjadi bentuk VECM jika terdapat hubungan kointegrasi. Tercantum pada persamaan berikut

$$\Delta Y_t = \alpha\beta' Y_{t-1} + \Gamma_1 \Delta Y_{t-1} + \Gamma_2 \Delta Y_{t-2} + \cdots + \Gamma_{p-1} \Delta Y_{t-p+1} + e_t \quad (1)$$

a. Uji Stasioneritas

Dalam penerapan model *Vector Autoregressive* (VAR), salah satu asumsi utama yang harus dipenuhi adalah data yang digunakan harus bersifat stasioner. Apabila hasil pengujian menunjukkan adanya *unit root*, maka data tersebut dikategorikan tidak stasioner dan perlu proses *differencing*. Namun, pada model VECM mensyaratkan variabel penelitian tidak stasioner pada level, tetapi menjadi stasioner setelah dilakukan *differencing* pada orde yang sama. Oleh karena itu, uji stasioneritas diperlukan sebelum dilakukan uji kointegrasi. Untuk menguji unit root pada suatu variabel, digunakan metode *Augmented Dickey-Fuller* (ADF). Nilai estimasi diperoleh melalui metode kuadrat terkecil *(ordinary least square/OLS)*, kemudian dibandingkan dengan nilai kritis melalui uji t. Berikut adalah rumus statistic yang digunakan

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \delta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2)$$

b. Uji Kointegrasi

Jika data stasioner pada tingkat pertama *(first difference),* diperlukan pengujian kointegrasi untuk menilai keseimbangan jangka panjang antara variabel – variabel tersebut. Kointegrasi terjadi ketika kombinasi linear dari data yang tidak stasioner menjadi stasioner, menunjukkan adanya hubungan jangka panjang. Untuk mendeteksi kointegrasi, digunakan uji johansen yang menentukan *rank* kointegrasi (r), yaitu jumlah vektor kointegrasi yang mempengaruhi. Hipotesis dalam uji ini menguji apakah terdapat hubungan kointegrasi antara variabel - variabel yang dianalisis. Berikut hipotesis yang di uji adalah (Priatna, 2020).

$$\lambda_{trace}\,(r) = -T \sum_{i=r+1}^{n} \log(1 - \hat{\lambda}_{i)} \quad (3)$$

Dengan hipotesis :

$H_0 = r \leq r_0$ (Tidak terdapat lebih dari $r_0$vektor kointegrasi

$H_1 = r > r_0$ (Terdapat lebih dari $r_0$vektor kointegrasi)

Jika $\lambda_{trace} < \lambda_{tabel}\,(\lambda_{tabel})$ didasarkan pada distribusi empiris dari statistic λ_{max} dan λ_{trace} maka diterima H_0 yang menunjukkan bahwa kointegrasi terdapat pada *rank* r. model VECM dibuat apabila *rank* kointegrasi (r) lebih besar dari nol (Priatna, 2020).

c. Penentuan Lag Optimal

Penentuan jumlah lag (ordo) yang akan digunakan dalam model VECM dapat dilakukan dengan beberapa kriteria informasi, seperti *Akaike Information Criterion (AIC)* dan *Schwarz Information Criterion (SIC)*. Nilai *lag* yang dipilih adalah yang menghasilkan nilai kriteria informasi terkecil, karena menunjukkan keseimbangan terbaik antara ketepatan model dan jumlah parameter yang digunakan. Rumus yang digunakan untuk menghitung AIC dan SIC sebagai berikut (Juanda & Junaidi, 2012).

$$AIC\,(k) = T\,\ln\left(\frac{SSR\,(k)}{T}\right) + 2n \quad (4)$$

$$SIC\,(k) = T\,\ln\left(\frac{SSR\,(k)}{T}\right) + 2\,\ln(T) \quad (5)$$

d. Uji Kausalitas Granger

Copyright ©2026 by Author.
Published by Prodi Pendidikan Matematika dan
Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 15 Nomor 3 September Tahun 2026
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v15i3.6400

Uji kausalitas dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan sebab-akibat antarvariabel dalam model. Uji ini bertujuan untuk melihat apakah suatu variabel memiliki pengaruh terhadap variabel lainnya, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Walaupun dua variabel dapat saling bekorelasi, hal tersebut belum tentu menunjukkan adanya hubungan kausalitas. Oleh karena itu diperlukan uji kausalitas untuk memastikan arah pengaruh yang terjadi apakah bersifat satu arah *(unidirectional causality)* atau dua arah *(bidirectional causality)*. Pengujian hubungan kasualitas dilakukan menggunakan uji F *(Granger Causality Test)* untuk menguji hipotesis berikut (Dwi, R. F., Tiro, M. A., 2019)

$$F = \frac{(RSS_R - RSS_{UR})/p}{RSS_{UR(n-b)}} \quad (6)$$

Dengan hipotesis :

$H_0: \theta_{1p}\ atau\ Y_{2p} = 0$ (variable θ tidak berpengaruh terhadap variable Y dan sebaliknya)

$H_1: \theta_{1p}\ atau\ Y_{2p} \neq 0$ (variable θ berpengaruh terhadap variable Y dan sebaliknya).

Keputusan uji ditentukan berdasarkan nilai F hitung. Jika nilai F hitung lebih besar dari nilai $F_{(p,n-b)}$ tabel pada taraf signifikansi 5% atau nilai *p-value* < α (5%), maka hipotesis nol ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa satu variabel memiliki pengaruh terhadap variabel yang lain (Dwi et al, 2019)

e. Impulse Response Function (IRF)

Koefisien dalam persamaan *Vevtor Error Correction Model* (VECM) biasanya tidak mudah ditafsirkan secara langsung karena kompleksitas model serta adanya interaksi dinamis antar variabel dalam jangka pendek maupun panjang. Oleh sebab itu, untuk memahami lebih lanjut arah dan sifat hubungan kausalitas antar variabel dalam sistem, digunakan pendekatan *Impulse Response Function* (IRF). Fungsi impuls respon ini memberikan gambaran mengenai bagaimana suatu guncangan *(shock)* yang terjadi pada satu variabel akan memengaruhi variabel lain dalam waktu tertentu. Dengan kata lain, IRF memperlihatkan besarnya respons dan durasi pengaruh dari suatu *shock* terhadap variabel lain, serta bagaimana dan kapan sistem tersebut akan kembali ke kondisi keseimbangannya setelah mengalami gangguan

f. Forecast Error Variance Decomposition (FEVD)

Forecast Error Variance Decomposition (FEVD) merupakan suatu teknik yang digunakan untuk menganalisis sumber – sumber perubahan variabilitas pada suatu variabel. Metode ini memungkinkan identifikasi besarnya peran suatu variabel dalam menjelaskan fluktuasi dirinya sendiri maupun variabel lain dalam beberapa periode ke depan. Output dari analisis FEVD biasanya disajikan dalam bentuk persentase. Adapun bentuk persamaanya adalah sebagai berikut

$$\sigma Y_{1t}(h)^2 = \sigma^2_{Y_{1t}}[\phi_{11}(0)^2 + \phi_{11}(1)^2 + \ldots + \phi_{11}(h-1)^2] \quad (7)$$

Dimana $\sigma Y_{1t}(h)^2$ merepresentasikan total varians prediksi *(forecast variance)* dari variabel Y_{1t}. Sementara itu, sisi kanan persamaan menunjukkan komponen – komponen penyusun yang mendasari nilai pada sisi kiri. Komponen $\phi_{11}(0)^2$merupakan salah satu elemen dalam matriks ϕ yang muncul sebagai akibat dari struktur model VECM

g. Uji Kelayakan Model

Setelah parameter model diestimasi, tahap berikutnya adalah melakukan pengujian terhadap kelayakan model untuk memastikan apakah model tersebut dapat digunakan dalam peramalan masa depan. Salah satu metode yang digunakan adalah uji *Portmanteau Test,*

Copyright ©2026 by Author.
Published by Prodi Pendidikan Matematika dan
Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia

JEms Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 15 Nomor 3 September Tahun 2026
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v15i3.6400

berfungsi mendeteksi ada tidaknya autokorelasi pada residual. Dalam analisis deret waktu, asumsi penting yang harus dipenuhi adalah bahwa residual bersifat *white noise*, yaitu tidak saling berkorelasi. Jika asumsi ini terpenuhi, model dianggap valid dan layak untuk peramalan (Desvina et al, 2021). Berikut adalah rumus uji *Portmanteau:*

$$Q = \sum_{i=1}^{p} tr(R_i^T R_e^{-1} R_i R_e^{-1}) \quad (8)$$

Statistic Q mengikuti distribusi *chi-square* dengan derajat kebebasan n^2p. Keputusan diambil dengan cara membandingkan nilai Q dengan nilai *chi-square table* atau berdasarkan nilai *p-value*. Hipotesis H_0 diterima jika nilai $Q <$ *chi-square* atau *p-value* $> \alpha$. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat autokorelasi. Sebaliknya, jika kondisi tersebut tidak terpenuhi, maka terdapat autokorelasi (Desvina et al, 2021)

h. Peramalan

Peramalan merupakan metode yang digunakan untuk memprediksi nilai atau kondisi pada masa mendatang dengan memanfaatkan infromasi data historis serta data terkini. Teknik ini berperan penting dalam mendukung pengambilan keputusan, karena metode ini membantu memperkirakan kecenderungan dan perubahan yang terjadi di masa depan (Malik et al., 2020).

Untuk mengukur tingkat akurasi peramalan, digunakan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Nilai MAPE menunjukkan seberapa besar perbedaan antara hasil peramalan dengan data aktual. Semakin kecil nilai MAPE, maka hasil peramalan dianggap semakin akurat dan mendekati kenyataan. Rumus MAPE adalah sebagai berikut (Lubis et al, 2023).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n} \left| \frac{z_{i,t} - \hat{z}_{i,t}}{z_{i,t}} \right| \times 100\% \quad (9)$$

Untuk interpretasi nilai MAPE, diperlukan suatu kriteria penilaian tingkat akurasi hasil peramalan. Kriteria ini digunakan untuk mengelompokkan tingkat keakuratan model peramalan berdasarkan besar kecilnya nilai MAPE yang dihasilkan. Adapun klasifikasi tingkat akurasi peramalan berdasarkan nilai MAPE dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Kriteria Nilai MAPE

MAPE	Keterangan
<10%	Peramalan sangat baik
10% - 20%	Peramalan baik
20% - 50%	Peramalan cukup baik
>50%	Peramalan kurang baik

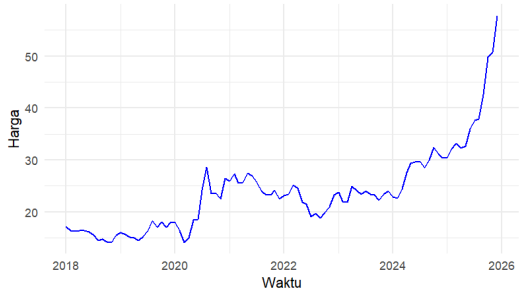
HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskriptif Data

Deskriptif data setiap variabel yaitu harga perak, harga emas, dan harga bitcoin selama periode Januari 2018 hingga Desember 2025.

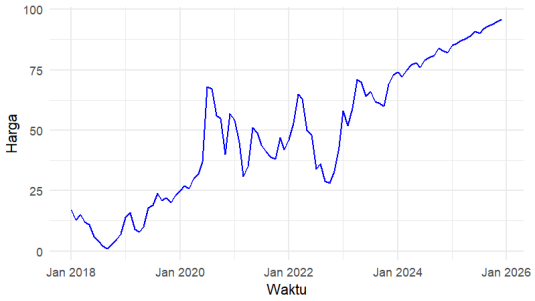
Copyright ©2026 by Author.
Published by Prodi Pendidikan Matematika dan
Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 15 Nomor 3 September Tahun 2026
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v15i3.6400



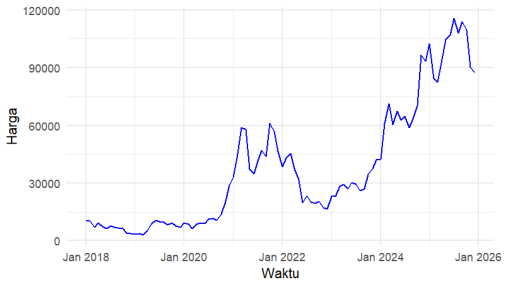
Gambar 2. Grafik Data Pergerakan Harga Perak

Harga perak (USD/troy ounce) dari tahun 2018 sampai tahun 2025 pada Gambar 2, menunjukkan pola fluktuatif dengan kecenderungan meningkat seiring waktu. Pada periode awal tahun 2018 hingga 2019 cenderung stabil dengan sedikit koreksi. Memasuki tahun 2020 terjadi kenaikan yang ditandai dengan lonjakan tajam, kemudian diikuti fase penurunan kembali hingga sekitar tahun 2023, harga kembali mengalami peningkatan secara konsisten hingga 2025 dengan harga tertinggi sebesar $57.77.



Gambar 3. Grafik Data Pergerakan Harga Emas

Pergerakan harga emas selama periode Januari 2018 hingga Desember 2025 pada Gambar 3, menunjukkan tren yang meningkat disertai fluktuasi pada beberapa periode. Lonjakan harga yang cukup signifikan terjadi sekitar tahun 2020, yang kemudian diikuti dengan pergerakan yang lebih berfluktuasi pada periode selanjutnya.



Gambar 4. Grafik Data Pergerakan Harga Bitcoin

Pergerakan harga bitcoin seperti pada gambar 4, selama periode pengamatan menunjukkan pola fluktuatif. Pada awal periode, harga berada pada level terendah namun stabil kemudian mengalami kenaikan signifikan dari tahun 2020 hingga mencapai puncak sebelum

Copyright ©2026 by Author.
Published by Prodi Pendidikan Matematika dan
Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 15 Nomor 3 September Tahun 2026
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v15i3.6400

koreksi pada awal tahun 2023. Selanjutnya, harga terus mengalami tren naik hingga akhir desember 2025.

Vector Error Correction Model

a. Uji Stasioneritas Data

Dalam penelitian ini, uji stasioneritas dilakukan menggunakan metode *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) untuk mengetahui akar unit pada data. Data dinyatakan stasioner apabila nilai *p-value* < 0.05. Hasil pengujian stasioneritas pada tingkat level disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil uji stasioneritas pada tingkat level

Variabel	*P-value*	Keterangan
Harga Perak	0.837	Tidak stasioner
Harga Emas	0.281	Tidak stasioner
Harga Bitcoin	0.505	Tidak stasioner

Berdasarkan Tabel 2, karena ketiga variabel memiliki nilai *p-value* > 0.05 maka tidak stasioner. Sehingga perlu dilakukan uji stasioneritas lanjutan pada tingkat *first difference.* Hasil uji stasioneritas pada tingkat *first difference* ditunjukkan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil uji stasioneitas tingkat first difference

Variabel	Prob.	Keterangan
(D)Harga Perak	0.010	Stasioner
(D)Harga Emas	0.010	Stasioner
(D)Harga Bitcoin	0.010	Stasioner

Ketiga variabel tersebut telah stasioner pada tingkat *first difference* karena nilai *p-value* < *0.05,* seperti yang terlihat pada Tabel 3. Dengan demikian, data memenuhi syarat untuk dilakukan analisis lanjutan.

b. Uji Kointegrasi Johansen

Pada penelitian ini uji kointegrasi dilakukan menggunakan metode johansen dengan syarat seluruh variabel telah stasioner pada derajat yang sama. Keberadaan kointegrasi ditentukan dengan membandingkan nilai *trace statsitic* dengan nilai *critical value,* dimana jika nilai *trace statistic* lebih besar dari *critical value* maka variabel dikatakan terkointegrasi. Hasil uji kointegrasi disajikan pada tabel berikut

Tabel 4. Hasil uji kointegrasi (trace statistic)

Hipotesis	*Trace statsitik*	Nilai kritis (5%)	Keterangan
r = 0	97.15	34.91	Terkointegrasi
r ≤ 1	52.81	19.96	Terkointegrasi
r ≤ 2	16.99	9.24	Terkointegrasi

Nilai *trace statistic* pada Tabel 4, menunjukan setiap hipotesis dengan nilai kritis taraf signifikansi 5%. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan kointegrasi antar variabel dalam model. Dengan demikian, disimpulkan bahwa minimal terdapat hubungan jangka

Copyright ©2026 by Author.
Published by Prodi Pendidikan Matematika dan
Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia

JEms Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains P-ISSN 2302-2124
Volume 15 Nomor 3 September Tahun 2026 E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v15i3.6400

panjang di antara variabel, sehingga metode *Vector Error Correction Model* (VECM) dapat dilanjutkan.

c. Estimasi VECM

Untuk mengestimasi persamaan VECM prosedur yang dilakukan terlebih dahulu adalah pemilihan lag optimum dengan kriteria informasi AIC dan SIC. Berikut tabel hasil dari uji lag optimum denan kriteria informasi AIC dan SIC.

Tabel 5. Uji Lag Optimum

Lag	AIC	SIC
1	22.569*	22.911*
2	22.709	23.308
3	22.806	23.662
4	22.879	23.992
5	23.012	24.381

Berdasarkan Tabel 5, diketahui bahwa lag 1 memiliki nilai AIC dan SIC terkecil. Sehingga berdasarkan hasil analisis lag optimum, maka bentuk persamaan VECM yang diestimasi adalah VECM(1).

Langkah selanjutnya melakukan estimasi model VECM(1), estimasi model VECM(1) dinyatakan signifikan apabila nilai absolut t-statistik lebih besar dari t-tabel *(t(0.05;86)* = 1.9873). berikut adalah tabel estimasi jangka panjang dan jangka pendek VECM.

Tabel 6. Estimasi VECM(1) Jangka Panjang Variabel Harga Perak

Variabel	Koefisien	t-statistik	t-tabel	Keterangan
Bitcoin Price (-1)	1.000000	-	-	Variabel normalisasi
Harga Emas (-1)	-6.567051	-2.53181		Signifikan
Harga Perak	933.4922	4.24661	1.9873	Signifikan

Hasil estimasi VECM(1) jangka panjang pada tabel 6, menunjukkan variabel harga perak dan harga emas berpengaruh signifikan pada waktu jangka panjang, karena nilai t-statistik lebih besar dari t-tabel 1.9873. Variabel harga emas memiliki koefisien negatif sebesar -6.567051, menunjukkan bahwa kenaikan harga emas cenderung diikuti penurunan harga perak dalam jangka panjang. Variabel harga perak memiliki koefisien bernilai positif sebesar 933.4922 menunjukkan hubungan searah jangka panjang. Sedangkan Variabel *bitcoin* tidak memiliki nilai t-statistik pada persamaan jangka panjang karena dijadikan variabel normalisasi dalam *cointegrating equation*, sehingga koefisiennya ditetapkan sebesar satu sebagai acuan pembentukan hubungan kointegrasi.

Tabel 7. Hasil Estimasi VECM(1) Jangka Pendek Variabel Harga Perak

Variabel	Koefisien	t-statistik	t-tabel	Keterangan
Ect(-1)	0.0964	2.239		Signifikan
Harga Perak (-1)	-0.5664	-4.646		Signifikan
Harga Emas (-1)	0.0163	0.417	1.98793	Tidak Signifikan

Copyright ©2026 by Author.
Published by Prodi Pendidikan Matematika dan
Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 15 Nomor 3 September Tahun 2026
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v15i3.6400

Variabel	Koefisien	t-statistik	t-tabel	Keterangan
Bitcoin (-1)	0.000033	1.320		Tidak signifikan

Berdasarkan hasil estimasi VECM(1) jangka pendek pada Tabel 7, variabel *Error Correction Term* (ECT) berpengaruh signifikan pada taraf 5% menunjukkan adanya mekanisme penyesuaian menuju keseimbangan jangka panjang ketika terjadi penyimpangan pada periode sebelumnya. Selain itu, variabel harga perak (-1) juga berpengaruh signifikan dengan arah negatif, sehingga perubahan harga perak periode sebelumnya memengaruhi pergerakan harga perak saat ini secara berlawanan arah. Sementara itu, variabel harga emas dan bitcoin tidak berpengaruh signifikan karena memiliki nilai t-statsitik < t-tabel. Dengan demikian, pergerakan harga perak dalam jangka pendek lebih dipengaruhi oleh perubahan harga perak itu sendiri. Berdasarkan hasil estimasi model VECM(1), diperoleh persamaan sebagai berikut

$$\Delta Y_{1,t} = 0.0964Y_{1,t-1} - 0.5664Y_{1,t-1} + 0.0163Y_{2,t-1} - 0.000033Y_{3,t-1} + \varepsilon_t$$

d. Uji Kausalitas Granger

Uji kausalitas granger digunakan untuk menganalisis hubungan sebab-akibat antar variabel dalam penelitian. Pengambilan keputusan dalam uji ini didasarkan pada nilai probabilitas *(p-value)*, dimana jika nilai *p-value* lebih kecil dari tingkat signifikansi 5% *(α = 0,05)*, maka terdapat hubungan kausal antar variabel, sedangkan jika nilai *p-value* lebih besar dari 0,05, maka tidak terdapat hubungan kausalitas.

Tabel 8. Uji Kausalitas Granger

Null hypothesis	F-Statistik	Prob	Keterangan
Harga emas tidak menyebabkan harga perak	0.4716	0.4940	Tidak Signifikan
Harga perak tidak menyebabkan harga emas	6.3237	0.3778	Tidak Signifikan
Harga emas menyebabkan Bitcoin	0.0142	0.0136	Signifikan
Bitcoin tidak menyebabkan harga emas	0.2549	0.1495	Tidak signifikan
Harga perak tidak menyebabkan Bitcoin	2.1123	0.6149	Tidak Signifikan
Bitcoin tidak menyebabkan harga perak	1.1895	0.2783	Tidak Signifikan

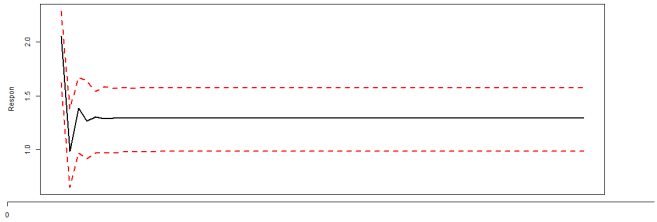
Berdasarkan hasil uji Kausalitas Granger seperti pada Tabel 8, hanya terdapat satu hubungan kausalitas yang signifikan, yaitu dari harga emas terhadap bitcoin dengan nilai probabilitas sebesar 0.0136 yang lebih kecil dari tingkat signifikansi 5%. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan harga emas secara signifikan dapat digunakan untuk memprediksi pergerakan bitcoin. Sementara itu, hubungan kausalitas lainnya, baik dari harga perak maupun bitcoin terhadap variabel lain, tidak menunjukkan signifikansi karena memiliki nilai probabilitas lebih besar dari 0.05.

e. Impulse Response Function (IRF)

Analisis *Impulse Response Function* (IRF) digunakan untuk menjelaskan perubahan dalam model VECM melalui respons suatu variabel terhadap guncangan baik dari dirinya sendiri maupun variabel lain dalam sistem, dengan besaran satu standar deviasi. Bagan atau keterangan pada grafik *impulse response* menunjukkan periode waktu pada sumbu horizontal dan besarnya respon variabel digambarkan pada sumbu vertikal. Berikut merupakan hasil plot data IRF dari variabel harga perak, emas, dan bitcoin untuk 60 periode ke depan:

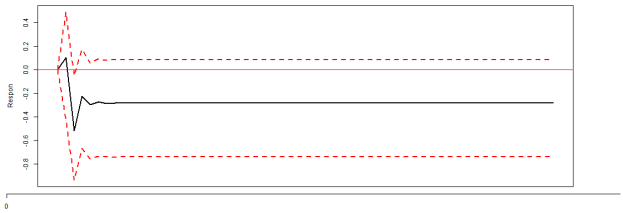
Copyright ©2026 by Author.
Published by Prodi Pendidikan Matematika dan
Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 15 Nomor 3 September Tahun 2026
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v15i3.6400



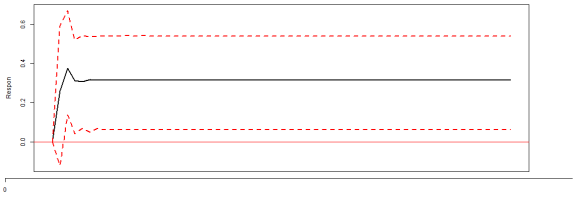
Gambar 5. Grafik Response Harga Perak terhadap Harga Perak

Dengan melihat Gambar 5 diketahui respons harga perak terhadap guncangan pada dirinya sendiri pada periode pertama sebesar 2.057, kemudian menurun pada periode ke dua menjadi 0.982. Setelah itu respon kembali mengalami peningkatan dan menunjukkan fase stabil pada angka 1.290.



Gambar 6. Respons Harga Perak terhadap Harga Emas

Selanjutnya respon harga perak terhadap guncangan yang diberikan harga emas pada periode pertama bernilai positif sebesar 3.825. Sempat terjadi penurunan signifikan pada periode kedua menjadi 0.561 namun merespon naik kembali dan mencapai titik kestabilan pada level 1.625 mulai periode ke-14 terlihat pada Gambar 6.



Gambar 7. Respons Harga Perak terhadap Bitcoin

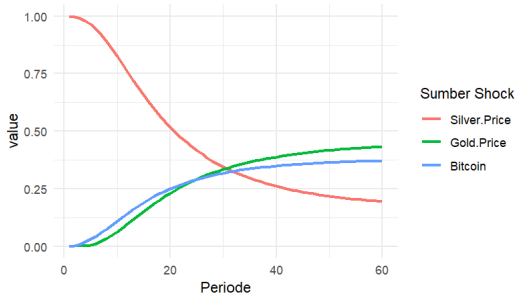
Pada Gambar 7 terlihat respon pertama harga perak terhadap guncangan dari bitcoin yaitu pada periode pertama berada di angka 860.87 kemudian turun tajam diperiode kedua menjadi 210.77 dan mulai stabil pada angka 718.25 mulai periode ke-16.

f. Forecast Error Variance Decomposition (FEVD)

Forecast Error Variance Decomposition (FEVD) digunakan untuk mengukur kontribusi setiap variabel terhadap variabel lain, seperti yang ditunjukkan pada Gambar berikut.

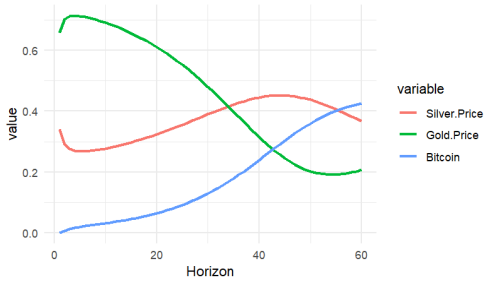
Copyright ©2026 by Author.
Published by Prodi Pendidikan Matematika dan
Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 15 Nomor 3 September Tahun 2026
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v15i3.6400



Gambar 8. Forecast Error Variance Decomposition D(Harga Perak)

Hasil analisis *Forecast Error Variance Desomposition* (FEVD) menunjukkan bahwa dalam jangka pendek, khususnya pada periode ke-2, variasi harga perak masih sangat didominasi oleh guncangan dari dirinya sendiri, yaitu sebesar 99.48%. Sementara itu, kontribusi dari harga emas dan bitcoin relatif sangat kecil, masing – masing sebesar 0.31% dan 0.21%. Pada jangka panjang periode ke-60 kontribusi guncangan harga perak terhadap dirinya sendiri menurun menjadi sekitar 19.52%. Sebaliknya, pengaruh variabel lain meningkat, dimana harga emas memberikan kontribusi terbesar yaitu sekitar 43.30% diikuti oleh bitcoins sebesaar 37.18%. Hal ini menunjukkan bahwa dalam jangka panjang, pergerakan harga perak lebih banyak dipengaruhi oleh dinamika harga emas dan bitcoin dibandingkan oleh shock internalnya sendiri.

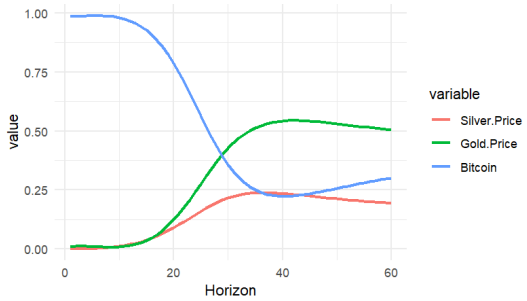


Gambar 9. Forecast Error Variance Decomposition D(Harga Emas)

Berdasarkan hasil FEVD yang terlihat pada Gambar 9, menunjukkan pada jangka pendek (periode ke-1) variasi harga emas didominasi oleh *shock* dari dirinya sendiri sebesar 65.93%, sedangkan kontribusi harga perak sebesar 34.07% dan bitcoin masih belum memberikan pengaruh. Pada periode – periode selanjutnya, dominasi harga emas terhadap dirinya sendiri cenderung menurun secara bertahap. Dalam jangka panjang periode ke-60, kontribusi harga emas terhadap dirinya sendiri hanya sekitar 20.72%. Sebaliknya, kontribusi dari bitcoin meningkat cukup signifikan hingga mencapai 42.57%, diikuti oleh harga perak sebesar 36.71%. Hal ini mengindikasikan bahwa dalam jangka panjang, variasi harga emas semakin dipengaruhi oleh dinamika pasar kripto serta interaksi dengan harga perak.

Copyright ©2026 by Author.
Published by Prodi Pendidikan Matematika dan
Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 15 Nomor 3 September Tahun 2026
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v15i3.6400



Gambar 10. Forecast Error Variance Decomposition D(Bitcoin)

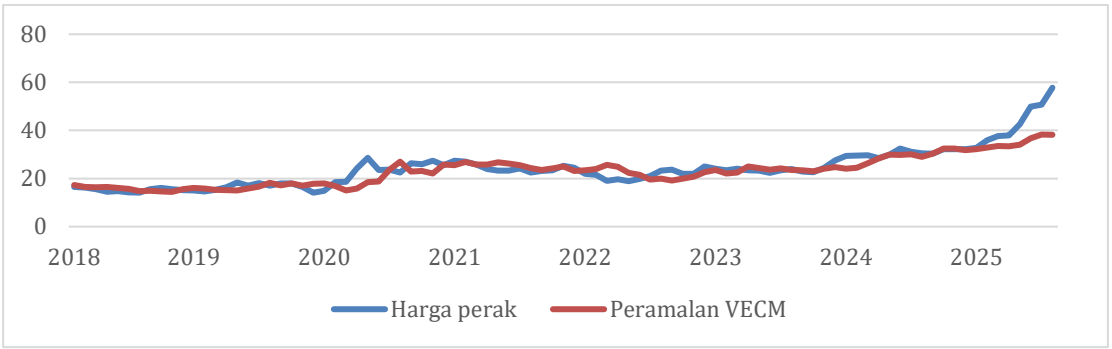
Hasil FEVD pada Gambar 10, variabel bitcoin menunjukkan bahwa dalam jangka pendek periode ke-1, fluktuasi bitcoin hampir sepenuhnya dijelaskan oleh guncangan dirinya sendiri, yaitu sebesar 98.93% sementara kontribusi harga emas dan harga perak sangat kecil. Namun, pola ini berubah secara signifikan dalam jangka panjang. Pada periode ke-60 kontribusi *shock* internal bitcoin menurun menjadi 30.14%. Sebaliknya, pengaruh harga emas meningkat menjdi 50.51% sedangkan kontribusi harga perak sebesar 19.53%. Hal ini menunjukkan bahwa dalam jangka panjang, pergerakan bitcoin tidak lagi sepenuhnya independen tetapi semakin dipengaruhi oleh dinamika harga emas dan harga perak dalam tingkat yang lebih kecil.

g. Uji Kelayakan Model

Kelayakan model VECM diuji menggunakan uji *Portmanteau Test* untuk mengetahui apakah residual bebas dari autokorelasi. Berdasarkan hasil uji *portmanteau* diperoleh nilai *prob* sebesar 0.5491 > 0.05 menunjukkan bahwa tidak terdapat autokorelasi pada residual model. Dengan demikian, residual telah memenuhi asumsi *white noise*

h. Peramalan

Berdasarkan model terbaik yang diperoleh yaitu VECM (1), untuk mengevaluasi kinerja model dalam melakukan peramalan, dilakukan perbandingan antara hasil prediksi dengan data aktual harga perak. Perbandingan tersebut disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Harga Perak dan Prediksi VECM(1)

Berdasarkan Gambar 11 terlihat hasil prediksi model VECM(1) mengikuti pola data aktual periode 2018 – 2025, dengan nilai MSE sebesar 652.47. Karena nilai prediksi mendekati nilai aktual, maka model VECM(1) dinilai baik untuk memprediksi periode kedepan. Hasil prediksi model VECM(1) untuk periode Januari – Desember 2026 dapat dilihat pada tabel 9, dengan perhitungan keakuratan model pada periode ke-4 dihasilkan nilai MAPE sebesar 21.48%. Hal

Copyright ©2026 by Author.
Published by Prodi Pendidikan Matematika dan
Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 15 Nomor 3 September Tahun 2026
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v15i3.6400

ini menunjukkan bahwa hasil peramalan termasuk dalam kategori cukup baik. Berikut disajikan hasil peramalan harga perak dengan model VECM(1).

Tabel 9. Prediksi Harga Perak VECM(1) Tahun 2026

Periode	Peramalan	Lower	Upper
Januari	60.39	56.79	64.00
Februari	63.19	58.02	68.37
Maret	66.17	59.71	72.64
April	69.33	61.70	76.96
Mei	72.67	63.92	81.42
Juni	76.20	66.35	86.05
Juli	79.92	68.96	90.87
Agustus	83.82	71.76	95.89
September	87.93	74.71	101.14
Oktober	92.23	77.84	106.61
November	96.73	81.13	112.32
Desember	101.43	84.57	118.28

Prediksi harga perak dari Januari – Desember 2026 menggunakan model VECM(1) seperti pada Tabel 9 menunjukkan adanya tren kenaikan dari januari sampai desember dari bulan ke bulan

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis, model yang diperoleh untuk peramalan harga perak adalah VECM(1) dengan nilai MSE sebesar 652.47. tingkat akurasi model ditunjukkan oleh nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 21.48% yang termasuk dalam kategori cukup baik untuk hasil peramalan. Peramalan untuk periode Januari – Desember 2026 menunjukkan harga perak mengalami tren peningkatan secara terus menerus. Hasil estimasi model menunjukkan dalam jangka panjang harga emas berpengaruh signifikan terhadap harga perak, sedangkan dalam jangka pendek pergerakan harga perak lebih dipengaruhi oleh dirinya sendiri. Hasil dari analisis lanjutan melalui IRF dan FEVD menunjukkan adanya interaksi dinamis antar variabel, di mana dalam jangka panjang pengaruh harga emas dan bitcoin terhadap harga perak semakin meningkat.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar penelitian selanjutnya menambahkan variabel lain yang relevan seperti nilai tukar, suku bunga, atau faktor makroekonomi untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif, serta menggunakan metode pembanding lain seperti *vector autoregressive* (VAR), atau pendekatan *machine learning* sebagai pembanding akurasi peramalan. Selain itu, hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh investor sebagai refrensi dalam memahami dinamika hubungan harga perak, emas dan bitcoin dalam pengambilan keputusan investasi jangka panjang. Mengingat keterbatasan pada periode data

Copyright ©2026 by Author.
Published by Prodi Pendidikan Matematika dan
Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 15 Nomor 3 September Tahun 2026
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v15i3.6400

yang digunakan, penelitian sleanjutnya disarankan menggunakan rentang waktu yang lebih panjang agar hasil yang diperoleh lebih representatif.

DAFTAR PUSTAKA

Desvina, A. P., Melinda, N., & Andiraja, N. (2021). Pemodelan vector autoregressive (VAR) untuk data jumlah perceraian di Kota Pekanbaru. *Jurnal Sains Matematika Dan Statistika*, *7(2)*, 97–107. https://doi.org/https://doi.org/10.24014/jsms.v7i2.13765

Dwi, R. F., Tiro, M. A., & S. (2019). Metode Vector Autoregressive (Var) Dalam Menganalisis Pengaruh Kurs Mata Uang Terhadap Ekspor Dan Impor Di Indonesia. *Journal of Statistics Its Application on Teaching and Research*, *1*(2), 1–8. http://ojs.unm.ac.id/jvariansihttps://doi.org/10.35580/variansi.v1i2.9354

Fahria, I., Dalimunthe, D. Y., Amelia, R., Sulistiana, I., & Prayanti, B. D. A. (2023). Prediksi Spot Price Komoditas Emas Berjangka dengan Pendekatan Vector Error Correction Model. *Jambura Journal of Mathematics*, *5*(2), 339–350. https://doi.org/10.34312/jjom.v5i2.18737

Juanda, B., & Junaidi. (2012). *Ekonometrika Deret Waktu: Teori & Aplikasi*. IPB Press.

Lubis, D. R. P., & Zufria, I. (2023). Perbandingan Metode ARIMA Box-Jenkins dengan Moving Avarage Untuk Peramalan Harga Emas. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, *7*(4), 1930. https://doi.org/10.30865/mib.v7i4.6897

Malik, A. D., Juliana, A., & Widyasella, W. (2020). Perbandingan Metode Eksponential Smoothing dan Arima: Studi Pada Perusahaan Barang Konsumsi di Indonesia. *Moneter - Jurnal Akuntansi Dan Keuangan*, *7*(2), 180–185. https://doi.org/10.31294/moneter.v7i2.8666

Nugraheni, R. P., Rimawati, E., & Vulandari, R. T. (2022). Penerapan Metode Exponential Smoothing Winters Pada Prediksi Harga Beras. *Jurnal Ilmiah SINUS*, *20*(2), 45–56. https://doi.org/10.30646/sinus.v20i2.608

Priatna, I. A. (2020). Analisis Vector Autoregressive (Var) Terhadap Hubungan Pengangguran dan Inflasi Dalam Perekonomian Indonesia. *Jurnal Proaksi*, *7(2)*, 90–99. https://doi.org/https://doi.org/10.32534/jpk.v7i2.1275

Putra, T., & Rahayuningsih, E. S. (2025). Pengaruh Inflasi, Kurs, dan Investasi Infrastruktur terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia: Analisis Menggunakan Model VECM (1993-2023). *Al-Muzdahir : Jurnal Ekonomi Syariah*, *7*(1), 126–146. https://doi.org/10.55352/ekis.v7i1.1522

Putri, M., Widiarti., Nuryaman, A., & W. (2023). Penerapan Model Vector Error Correction Model (VECM) pada Peramalan Data Nilai Ekspor dan Nilai Impor Seluruh Komoditas di Provinsi Lampung Tahun 2022. *Jurnal Siger Matematika*, *4*(2), 67–75. http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/52695

Qutshiyah, I., & Yudistira, I. (2025). Peramalan Harga Emas Dan Perak Dengan Pendekatan Model Vector Autoregressive Moving Average (Varma). *Jurnal Ilmiah Matematika*, *13(2)*. https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/mathunesa/article/view/67632

Rojabi, M. A. (2025). *Bitcoin: Revolusi Uang yang Mengubah Dunia*. Afdan Rojabi Publisher.

San, Y. (2019). *Analisis Vector Error Correction Model (VECM) Terhadap Data Harga Internasional Emas, Perak, dan Tembaga pada Bulan November 2013 – November 2018*

Copyright ©2026 by Author.
Published by Prodi Pendidikan Matematika dan
Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 15 Nomor 3 September Tahun 2026
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v15i3.6400

[Universitas Lampung]. http://digilib.unila.ac.id/id/eprint/54728

Shafira, D. E. (2023). Analisis Pengaruh Jangka Panjang dan Jangka Pendek serta Korelasi Antara, Bitcoin, Emas dan Saham Periode 2018-2022. *STIE Indonesia Banking School*, *20(3)*.

Silver Institute. (2025). *Silver Industrial Demand Reached a Record 680.5 Moz in 2024*. https://silverinstitute.org/silver-industrial-demand-reached-a-record-680-5-moz-in-2024/

Copyright ©2026 by Author.
Published by Prodi Pendidikan Matematika dan
Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia