

**MODEL PREDIKSI VOLATILITAS BITCOIN DI PENGARUHI
INDEKS SAHAM *STANDARD & POOR'S* 500 MENGGUNAKAN
*GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL
HETEROKEDASTICITY WITH EXOGENOUS VARIABLES*
(GARCH) X**

SKRIPSI



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh
ZAINAL ARIFIN
09020222047

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : ZAINAL ARIFIN
NIM : 09020222047
Program Studi : Matematika
Angkatan : 2022

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "Model Prediksi Volatilitas Bitcoin di Pengaruhi Indeks Saham *Standard & Poor's* 500 Menggunakan *Generalized Autoregressive Conditional Heterokedasticity With Exogenous Variables* (Garch) X". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 19 Juni 2026



NIM. 09020222047

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh:

Nama : ZAINAL ARIFIN

NIM : 09020222047

Judul skripsi : MODEL PREDIKSI VOLATILITAS
BITCOIN DI PENGARUHI VOLMUE
BITCOIN MENGGUNAKAN *GENERALIZED
AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL
HETEROKEDASTICITY WITH EXOGENOUS
VARIABLES (GARCH) X*

Telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Pembimbing I



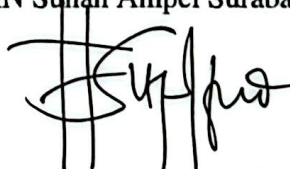
HANI KHAULASARI, S.SI, M.SI
NIP. 199102092020122011

Pembimbing II



Dr. ABDULLOH HAMID, M.PD
NIP. 198508282014031003

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. Yuniar Farida, M.T
NIP. 197905272014032002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh

Nama : ZAINAL ARIFIN

NIM : 09020222047

Judul : Model Prediksi Volatilitas Bitcoin di Pengaruhi
Indeks Saham *Standard & Poor's* 500
Menggunakan *Generalized Autoregressive Conditional
Heterokedasticity With Exogenous Variables (Garch) X*

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji.

Mengesahkan,
Tim Penguji

Penguji I



Wika Dianita Utami, M.Sc.

NIP. 199206102018012003

Penguji II



Dr. Maunah Setyowati, M.Si.

NIP. 197411042008012008

Penguji III



Hani Khaulasari, S.Si, M.Si

NIP. 199102092020122011

Penguji IV

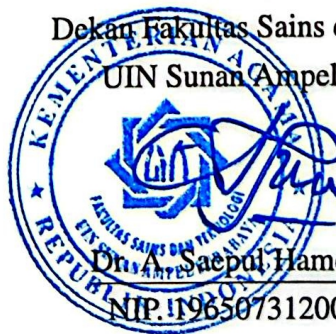


Dr. Abdulloh Hamid, M.Pd

NIP. 198508282014031003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. A. Saepul Hamdani, M.Pd

NIP. 196507312000031002

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : ..Zainal Arifin.....
NIM : ..09020222047.....
Fakultas/Jurusan : ..Saintek/Matematika.....
E-mail address : ..zynarifin2611@gmail.com.....

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

☒ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Model Prediksi Volatilitas Bitcoin Di Pengaruhi Standard & Poor's 500 Menggunakan Generalized

Autoregressive Conditional Heteroskedasticity With Exogenous Variables.

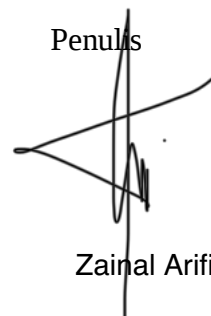
beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 19 Juni 2026

Penulis



(Zainal Arifin)

ABSTRAK

Model Prediksi Volatilitas Bitcoin di Pengaruhi Indeks Saham *Standard & Poor's 500* Menggunakan *Generalized Autoregressive Conditional Heterokedasticity With Exogenous Variables (Garch) X*

Cryptography adalah salah satu cabang ilmu campuran berdasarkan perhitungan matematika. *Cryptography* merupakan sistem yang digunakan dalam mata uang *cryptocurrency* dari campur tangan pihak ketiga. Mata uang *cryptocurrency* yang sering digunakan oleh Masyarakat global adalah Bitcoin. Namun, terdapat banyaknya masyarakat yang akan tidak sadarnya investasi tanpa memperhitungkan untung dan rugi, karena kurangnya pengetahuan tentang pergerakan tren Bitcoin. Oleh karena itu, dalam penelitian ini bertujuan untuk memprediksi volatilitas Bitcoin dipengaruhi S&P 500 menggunakan model *Generalized Autoregressive Conditional Heterokedasticity with Variable Exogen* (GARCH X). Model GARCH X adalah pengembangan dari Model GARCH yang dipengaruhi faktor eksternal atau variabel eksogen ke dalam varians. Data yang digunakan adalah data harian Bitcoin dan indeks S&P 500 periode Januari 2022-Desember 2025. Tahapan penelitian meliputi pembentukan data return, uji stasioneritas, identifikasi model ARIMAX pada persamaan mean, uji ARCH-LM, pemodelan GARCH X, dan evaluasi model menggunakan *Root Mean Squared Error* RMSE dan *Mean Absolute Error* MAE. Hasil penelitian menunjukkan model terbaik yang diperoleh adalah GARCH X (1,2). Model mampu tidak mengandung efek ARCH yang tersisa, dan tidak adanya tanda bias. Evaluasi model menghasilkan nilai RMSE sebesar 0.009453 dan MAE sebesar 0.007952, menunjukkan tingkat kesalahan prediksi yang rendah dan model mampu menangkap dinamika volatilitas Bitcoin. Meskipun demikian, terdapat keterbatasan dalam prediksi belum bisa mengikuti aktual yang memiliki lonjakan volatilitas yang sangat ekstrem. Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan bahwa model GARCH X (1,2) mampu digunakan untuk memprediksi volatilitas Bitcoin dengan tingkat akurasi yang baik dan dapat menjelaskan pengaruh S&P 500 terhadap volatilitas Bitcoin.

Kata kunci: *Cryptography*, *Cryptocurrency*, Bitcoin, S&P 500, GARCH X.

ABSTRACT

MODEL FOR PREDICTING BITCOIN VOLATILITY INFLUENCED BY *STANDARD & POOR'S* 500 STOCK INDEX USING A GENERALIZEDAUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSKEDASTIC MODEL WITH EXOGENOUS VARIABLES (GARCH) X

Cryptography is an interdisciplinary field based on mathematical calculations. Cryptography is a system used in cryptocurrency to prevent interference from third parties. The cryptocurrency most commonly used by the global community is Bitcoin. However, many people invest without realizing it without considering the potential gains and losses, due to a lack of literacy regarding Bitcoin's price movements. Therefore, this study aims to predict Bitcoin volatility influenced by the S&P 500 using the Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Exogenous Variables (GARCH X). The GARCH X model is an extension of the GARCH model that incorporates external factors or exogenous variables into the variance. The data used consists of daily Bitcoin and S&P 500 index data from January 2022 to December 2025. The research stages include data preparation for returns, stationarity tests, identification of the ARIMAX model for the mean equation, ARCH-LM tests, GARCH X modeling, and model evaluation using Root Mean Squared Error (RMSE) and Mean Absolute Error (MAE). The research results indicate that the best model obtained is GARCH X (1,2). The model does not contain any residual ARCH effects and shows no signs of bias. Model evaluation yielded an RMSE of 0.009453 and an MAE of 0.007952, indicating a low level of prediction error and demonstrating that the model is capable of capturing the dynamics of Bitcoin volatility. However, there is a limitation in that the predictions cannot yet keep up with actual volatility spikes that are extremely extreme. Based on the research results, it was found that the GARCH X (1,2) model can be used to predict Bitcoin volatility with a good level of accuracy and can explain the influence of the S&P 500 on Bitcoin volatility.

Keywords: *Cryptography, Cryptocurrency, Bitcoin, S&P 500, GARCH X.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	9
1.3. Tujuan Penelitian	9
1.4. Manfaat Penelitian	9
1.5. Batasan Masalah	10
1.6. Sistematika Penelitian	10
II TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1. Bitcoin	12
2.2. Indeks Saham <i>Standard & Poor's S&P 500</i>	12
2.3. Hubungan Bitcoin dengan S&P 500	13
2.4. <i>Time Series</i>	13
2.5. Interpolasi	14
2.6. Return	14
2.7. Deteksi Stasioneritas	15
2.7.1. Deteksi Stasioneritas Dalam Variance	15
2.7.2. Deteksi Stasioner Dalam Mean	16
2.8. Identifikasi Model ARIMA	18
2.8.1. <i>Partial Autocorrelation Function (PACF)</i>	19
2.8.2. <i>Autocorrelation Function (ACF)</i>	20
2.9. Model ARIMA	21
2.9.1. <i>Model Linear Autoregressive (AR)</i>	21
2.9.2. <i>Moving Average (MA)</i>	22

2.9.3. Autoregressive Moving Average (ARMA)	23
2.9.4. Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)	24
2.9.5. Autoregressive Moving Average with Variable Eksogen (ARIMAX)	25
2.9.6. Model IMAX (1,1)	26
2.10. Estimasi Parameter Model ARIMAX menggunakan Conditional Least Square (CLS)	27
2.11. Uji Signifikansi Parameter	35
2.12. Uji Asumsi Residual	36
2.13. Uji ARCH-LM (Heteroskedastisitas)	37
2.14. GARCH	39
2.14.1. Identifikasi Model	40
2.14.2. Estimasi Parameter GARCH	43
2.15. GARCH X	48
2.15.1. Estimasi Parameter GARCH X Menggunakan QMLE	50
2.16. RMSE dan MAE	57
2.17. Integrasi Keilmuan	57
2.17.1. Bitcoin sebagai Alat Transaksi menurut Islam	59
2.17.2. Bitcoin sebagai Alat Investasi menurut Islam	62
2.17.3. Prediksi Dalam Pandangan Islam	66
III METODE PENELITIAN	70
3.1. Jenis Penelitian	70
3.2. Sumber Data	70
3.3. Variabel Penelitian	71
3.4. Tahapan Penelitian	72
3.4.1. Pre-Processing	74
3.4.2. Tahap 1: ARIMAX	74
3.4.3. Tahap 2: GARCH X	75
3.4.4. Tahap 3: Evaluasi RMSE dan MAE	78
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	79
4.1. Data	79
4.2. Split Data	83
4.3. Uji Stasioneritas	84
4.3.1. Uji Stasioner Varians	85
4.3.2. Uji Augmented Dickey-Fuller	86
4.3.3. ACF-PACF	87
4.4. ARIMAX	89
4.4.1. Identifikasi Model ARIMAX	89
4.4.2. Estimasi dan Signifikansi Model ARIMAX	89

4.4.3. Uji Asumsi Residual <i>White Noise</i>	92
4.4.4. Uji Normalitas (<i>Jarque-Bera</i>)	93
4.5. Uji ARCH-LM (Heteroskedastisitas)	93
4.6. GARCH X	94
4.6.1. Identifikasi GARCH X	94
4.6.2. Estimasi dan Signifikansi Parameter GARCH X	96
4.6.3. Uji Residual <i>White Noise</i>	101
4.6.4. Uji ARCH-LM	102
4.6.5. Uji Tanda Bias	102
4.7. Evaluasi Menggunakan RMSE dan MAE	104
4.7.1. Perbandingan Evaluasi Menggunakan Split Data 80%:20% dengan 90%:10%	105
4.8. Pandangan Islam terhadap Prediksi Volatilitas Bitcoin	106
V PENUTUP	110
5.1. Kesimpulan	110
5.2. Saran	110
DAFTAR PUSTAKA	110

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

2.1	Tabel Transformasi Box Cox	16
2.2	Pola Identifikasi untuk Model ARIMA berdasarkan ACF dan PACE	21
3.1	Data Close Harga Bitcoin dan S&P 500	71
3.2	Data Return Bitcoin dan S&P 500	71
4.1	Data Interpolasi Bitcoin dan S&P 500	79
4.2	Data Return Bitcoin dan S&P 500	81
4.3	Statistik Deskriptif Return Bitcoin dan S&P 500	82
4.4	Jumlah data <i>training</i> dan <i>testing</i>	84
4.5	Hasil Uji Stasioneritas Varians Menggunakan Box-Cox	85
4.6	Hasil Uji Stasioneritas	86
4.7	Hasil Estimasi Model ARIMAX	90
4.8	Hasil Uji <i>White Noise</i>	92
4.9	Hasil Uji Normalitas (<i>Jarque-Bera</i>)	93
4.10	Hasil Uji ARCH-LM	94
4.11	Hasil Parameter GARCH X	96
4.12	Uji Residual <i>White Noise</i> GARCH X	101
4.13	Hasil Uji ARCH-LM GARCH X	102
4.14	Hasil Uji Tanda Bias	103
4.15	Evaluasi RMSE dan MAE	104

DAFTAR GAMBAR

1.1 Nilai mata uang <i>cryptocurrency</i> Oktober 2025	3
3.1 Flowchart Penelitian GARCH X	73
4.1 Plot Data Setelah Interpolasi	80
4.2 Plot nilai Return	81
4.3 Hasil Plot ACF sebelum <i>differencing</i>	87
4.4 Hasil Plot PACF sebelum <i>differencing</i>	87
4.5 Hasil Plot ACF sesudah <i>differencing</i>	88
4.6 Hasil Plot PACF sesudah <i>differencing</i>	88
4.7 Hasil ACF Residual Kuadrat dari ARIMAX	95
4.8 Hasil PACF Residual Kuadrat dari ARIMAX	95
4.9 Plot Perbandingan Actual dengan <i>Forecasting</i> GARCH X	104

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M. S., El-Masry, A. A., Al-Maghyreh, A. I., and Kumar, S. (2024). Cryptocurrency volatility: A review, synthesis, and research agenda. *Research in International Business and Finance*, 71:102472.
- Akbar, J., Yudono, M. A. S., and Kharisma, I. L. (2024). Peramalan harga bitcoin cash-usd (bch-usd) pada time frame harian menggunakan lstm. *Jurnal Mnemonic*, 7(2):184–191.
- Akinci, E. and Li, J. (2018). Bitcoin and stock market indexes causality.
- Aktivani, S. (2021). Uji stasioneritas data inflasi kota padang periode 2014-2019. *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*, 6(01):26–33.
- Alsharif, M. H., Younes, M. K., and Kim, J. (2019). Time series arima model for prediction of daily and monthly average global solar radiation: The case study of seoul, south korea. *Symmetry*, 11(2):240.
- Anggraeni, D. P., Rosadi, D., Hermansah, H., and Rizal, A. A. (2020). Prediksi harga emas dunia di masa pandemi covid-19 menggunakan model arima. *Jurnal Aplikasi Statistika & Komputasi Statistik*, 12(1):71–84.
- Ardiyansyah, T., Saputra, I., Kinanti, T., Rahmanda, K. A., and Hasan, A. (2024). Analisis penggunaan bitcoin sebagai alat tukar di indonesia menurut pendapat tokoh islam. *Sosio e-Kons*, 16(1):9–19.
- Arianti, R., Sahriman, S., et al. (2022). Model arima dengan variabel eksogen dan garch pada data kurs rupiah. *ESTIMASI: Journal of Statistics and Its Application*, pages 41–48.
- Baur, D. G. and Dimpfl, T. (2021). The volatility of bitcoin and its role as a medium of exchange and a store of value. *Empirical economics*, 61(5):2663–2683.
- Baur, D. G. and Hoang, L. (2021). The bitcoin gold correlation puzzle. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 32:100561.

- Boozary, P., Sheykhan, S., and GhorbanTanhaei, H. (2025). Forecasting the bitcoin price using the various machine learning: A systematic review in data-driven marketing. *Systems and Soft Computing*, 7:200209.
- Chatfield, C. and Xing, H. (2019). *The analysis of time series: an introduction with R*. Chapman and hall/CRC.
- Chen, J. (2023). Analysis of bitcoin price prediction using machine learning. *Journal of Risk and Financial Management*, 16.
- Conrad, C., Custovic, A., and Ghysels, E. (2018). Long-and short-term cryptocurrency volatility components: A garch-midas analysis. *Journal of Risk and Financial Management*, 11(2):23.
- Corbet, S., Lucey, B., Urquhart, A., and Yarovaya, L. (2019a). Cryptocurrencies as a financial asset: A systematic analysis. *International Review of Financial Analysis*, 62:182–199.
- Corbet, S., Lucey, B., Urquhart, A., and Yarovaya, L. (2019b). Retracted: Cryptocurrencies as a financial asset: A systematic analysis. *International Review of Financial Analysis*, 62:182–199.
- Costa, A. P. M. (2025). Sector analysis on the s&p 500: A pca approach. *FGV Invest-Short Studies Series*.
- Djubaedah, A. (2023). *Praktik penggunaan Bitcoin sebagai Aset Investasi pada aplikasi Tokocrypto Perspektif Ijtima Ulama Komisi Fatwa se-Indonesia VII tentang masalah Fikih Kontemporer*. PhD thesis, UIN Sunan Gunung Djati Bandung.
- Elmar Steurer, Ernst J. Fahling, J. D. (2018). Empirical analysis of potential put-call parity arbitrage opportunities with particular focus on the shanghai stock exchange 50 index. *Journal of Financial Risk Management*, Vol.11 No.1, January 29, 2022.
- Engle, R. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of united kingrom inflation. *Econometrica*, 50:391–407.

- Engle, R. F. and Bollerslev, T. (1986). Modelling the persistence of conditional variances. *Econometric reviews*, 5(1):1–50.
- Fuadi, F. A., Putri, L. K., and Rohmadi, Y. (2025). Peramalan sebagai pendekatan strategis dalam analisis kebijakan pendidikan islam. *Jurnal Media Akademik (JMA)*, 3(11).
- Gujarati, D. N. and Porter, D. C. (2009). *Basic econometrics*. McGraw-hill.
- Hamid, A., Fitria, A., Adzkiya, U., and Andriyani, S. (2021). Bitcoin as a means of transaction and investment in the perspective of islam. *Iqtishoduna: Jurnal Ekonomi Islam*, 10(2):33–48.
- Hamzah, A. (2021). Analisis harga saham index Kompas 100 dengan pendekatan error correction model. *JDEP*, 4(1):30–37.
- José Daniel Cardoso Rodrigues, Petros Golitsis, P. G. (2019). Investigating the impact of geopolitical risks and uncertainty factors on bitcoin. *Theoretical Economics Letters*, Vol.14 No.3, June 28, 2024.
- Kurnia, R. P. and Dzikrullah, A. A. (2022). Volatilitas harga bawang di Jawa Barat dengan metode arch/garch. *Jurnal Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*, 3(3):468–477.
- Landa, I. S., Hatidja, D., and Langi, Y. A. (2024). Peramalan indeks harga konsumen di Kota Palu menggunakan metode Arima (autoregressive integrated moving average) dalam model intervensi fungsi step. *Indonesian Journal of Intelligence Data Science*, 3(1):28–38.
- Mehmet Levent Erdaş, A. E. (2018). Analysis of the relationships between bitcoin and exchange rate, commodities and global indexes by asymmetric causality test. *Eastern Journal of European Studies*.
- Melani, V. D., Miftahuddin, M., and Subianto, M. (2022). Pemilihan model arfima-gph dan intervensi multi input pada indeks harga perdagangan besar Indonesia. *Jurnal Gaussian*, 11(2):163–172.
- Mohamed, N., Ahmad, M. H., Ismail, Z., et al. (2010). Double seasonal arima model for forecasting load demand. *Matematika*, pages 217–231.

- Musyafah, A. A. (2020). Transaksi bitcoin dalam perspektif hukum islam dan hukum positif indonesia. *Diponegoro Private Law Review*, 7(1):60–72.
- Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A., and Goldfeder, S. (2016). *Bitcoin and cryptocurrency technologies: a comprehensive introduction*. Princeton University Press.
- Nurhisam, L. (2020). Bitcoin dalam kacamata hukum islam. *Ar-Raniry: International Journal of Islamic Studies*, 4(1):165–186.
- Parwita, W. G. S. and Dewi, N. K. N. P. (2022). Metode autoregressive integrate moving average dalam peramalan indeks harga konsumen kota denpasar. *Smart EDU: Buletin Education*, 1(4):158–170.
- Pradewita, W. C., Dwidayati, N. K., and Sugiman, S. (2021). Peramalan volatilitas risiko berinvestasi saham menggunakan metode garch–m dan arimax–garch. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 44(1):12–21.
- Priyatno, P. D. and Atiah, I. N. (2021). Melirik dinamika cryptocurrency dengan pendekatan ushul fiqih. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Islam*, 7(3):1682–1688.
- Putri, F. T. A., Zukhronah, E., and Pratiwi, H. (2021). Model arima-garch pada peramalan harga saham pt. jasa marga (persero). *Business Innovation and Entrepreneurship Journal*, 3(3):164–170.
- Rahayu, N. W. I., Poernomo, D., Mursyidah, I. L., Jannah, E. S. W., et al. (2024). An islamic point of view of cryptocurrency investment: Generations z fear of missing out (fomo) and their personal traits as traders. *Edelweiss Applied Science and Technology*, 8(5):1880–1905.
- Rotinsulu, R., Mangantar, M., and Untu, V. (2021). Uji kausalitas beberapa indeks saham global, harga emas dan minyak mentah dunia terhadap kinerja indeks harga saham gabungan (ihsg) periode 2016-2020. *Jurnal EMBA: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi*, 9(3):1611–1619.

- Saputra, M. P. E., Kusanta, N. D., Fitriany, R., Ginting, R. A. L., Muslih, A., and Amaliah, K. (2024). Kajian hukum islam terhadap penggunaan bitcoin sebagai alat transaksi elektronik. *Journal of Social and Economics Research*, 6(1):1734–1747.
- Selmi, R., Mensi, W., Hammoudeh, S., and Bouoiyour, J. (2018). Is bitcoin a hedge, a safe haven or a diversifier for oil price movements? a comparison with gold. *Energy Economics*, 74:787–801.
- Setiawan, A. B. (2025). Penggunaan cryptography dalam keamanan pesan digital. *Journal of Computer Science and Information Technology*, 1(2):60–66.
- Sulaiman, A. and Juarna, A. (2021). Peramalan tingkat pengangguran di indonesia menggunakan metode time series dengan model arima dan holt-winters. *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, 26(1):13–28.
- Supriyanto, S., Siswoyo, S., and Dian, R. (2021). Cryptocurrency: Sejarah dan perkembangannya. *Journal Islamic Banking*, 1(1):28–35.
- Talumewo, S., Nainggolan, N., and Langi, Y. A. (2023). Penerapan model arima-garch untuk peramalan harga saham pt adhi karya (persero) tbk (adhi. jk). *d'Cartesian*, 12(2):56–61.
- Tsay, R. S. (2005). *Analysis of financial time series*. John wiley & sons.
- Uzzakkiyah, U. N. (2025). Prediksi volatilitas harga bitcoin menggunakan exponential generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Skripsi UINSA*.
- Wang, X., Chen, X., and Zhao, P. (2020). The relationship between bitcoin and stock market. *International Journal of Operations Research and Information Systems (IJORIS)*, 11(2):22–35.
- Weichbroth, P., Wereszko, K., Anacka, H., and Kowal, J. (2023). Security of cryptocurrencies: A view on the state-of-the-art research and current developments. *Sensors*, 23(6).
- Widyanti, D. et al. (2023). Analisis volatilitas bitcoin menggunakan model arch dan garch. *Jurnal Gaussian*, 12(2):254–265.

- Xu, H., Zheng, J., Yao, X., Feng, Y., and Chen, S. (2021). Fast tensor nuclear norm for structured low-rank visual inpainting. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 32(2):538–552.
- Yakubu, U. A. and Saputra, M. P. A. (2022). Time series model analysis using autocorrelation function (acf) and partial autocorrelation function (pacf) for e-wallet transactions during a pandemic. *Int. J. Glob. Oper. Res*, 3(3):80–85.
- Yogiswara, I. (2024). *Interaksi Bitcoin Dengan Indeks Saham*. PhD thesis, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Yuliyanti, R. and Arliani, E. (2022). Peramalan jumlah penduduk menggunakan model arima. *Jurnal Kajian dan Terapan Matematika*, 8(2):114–128.
- Yunita, T. (2020). Peramalan jumlah penggunaan kuota internet menggunakan metode autoregressive integrated moving average (arima). *Journal of Mathematics: Theory and Applications*, pages 16–22.
- Yusof, Y. B., Ping, T. H., and Isa, F. B. M. (2023). Strengthening smart grids through security measures: A focus on real-time monitoring, redundancy, and cross-sector collaboration. *International Journal of Intelligent Automation and Computing*, 6(3):14–36.
- Zahrotunnisa, U., Ramadhani, I. F., and Hasanudin, F. (2022). Tinjauan syariah terhadap tujuan invensi cryptocurrency sebagai instrumen transaksi futuristik. *At-Thullab: Jurnal Mahasiswa Studi Islam*, 4(2):1040–1057.