

**OPTIMASI PARAMETER *TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING*
MENGUNAKAN *DIFFERENTIAL EVOLUTION***

(Studi Kasus: Harga Pembukaan Saham Apple Inc. Periode Agustus 2020 – Agustus 2022)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika



Oleh:

Zalfa Nurjihan

2000026

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2024

LEMBAR HAK CIPTA

**OPTIMASI PARAMETER *TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING*
MENGUNAKAN *DIFFERENTIAL EVOLUTION***

(Studi Kasus: Harga Pembukaan Saham Apple Inc. Periode Agustus 2020 – Agustus 2022)

Oleh:

Zalfa Nurjihan

2000026

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Matematika pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Zalfa Nurjihan 2024

Universitas Pendidikan Indonesia

Hak cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian dengan dicetak
ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

ZALFA NURJIHAN

**OPTIMASI PARAMETER *TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING*
MENGUNAKAN *DIFFERENTIAL EVOLUTION***

(Studi Kasus: Harga Pembukaan Saham Apple Inc. Periode Agustus 2020 – Agustus 2022)

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I



Fitriani Agustina S.Si., M.Si.

NIP. 198108142005012001

Pembimbing II

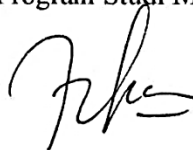


Drs. Nar Herrhyanto, M.Pd.

NIP. 196106181987031001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Kartika Yulianti, S.Pd., M.Si.

NIP. 198207282005012001

OPTIMASI PARAMETER *TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING* MENGUNAKAN *DIFFERENTIAL EVOLUTION*

(Studi Kasus: Harga Pembukaan Saham Apple Inc. Periode Agustus 2020 – Agustus 2022)

ABSTRAK

Metode *Triple Exponential Smoothing* (TES) merupakan metode peramalan runtun waktu yang mampu meramalkan pola data yang memiliki pengaruh musiman serta tren yang muncul secara bersamaan dengan sangat baik. Metode TES memiliki tiga parameter, yaitu parameter pemulusan level (α), parameter pemulusan tren (β), dan parameter pemulusan musiman (γ). Saat ini, belum ada metode khusus yang secara definitif dapat digunakan untuk memilih nilai optimal dari parameter-parameter tersebut. Oleh karena itu, penentuan parameter α , β , dan γ yang optimal seringkali mengandalkan pendekatan *trial and error* yang kurang efisien. Pada penelitian ini, digunakan algoritma *Differential Evolution* (DE) untuk mendapatkan nilai optimal dari parameter α , β , dan γ . Sementara itu, peramalan harga saham menjadi topik yang menarik dan menantang bagi para profesional karena merupakan langkah penting sebelum melakukan investasi. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan optimasi parameter α , β , γ pada metode TES menggunakan algoritma DE untuk data harga pembukaan saham Apple Inc. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma DE efektif dalam mencari kombinasi nilai parameter yang menghasilkan peramalan harga pembukaan saham Apple Inc. yang dapat diandalkan. Berdasarkan penerapan algoritma DE dalam optimasi parameter, diperoleh bahwa parameter terbaik yang paling sesuai untuk harga pembukaan saham Apple Inc. yaitu nilai parameter pemulusan level sebesar $7,90703 \times 10^{-6}$, nilai parameter pemulusan tren sebesar 0,26981, dan nilai parameter pemulusan musiman sebesar 0,99966. Nilai MAPE pada penelitian ini berhasil mencapai 0,01228%, yang menunjukkan bahwa model TES dengan parameter yang dihasilkan memiliki akurasi peramalan yang sangat baik.

Kata Kunci: Peramalan Runtun Waktu, *Triple Exponential Smoothing*, *Differential Evolution*

Zalfa Nurjihan, 2024

OPTIMASI PARAMETER *TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING* MENGGUNAKAN *DIFFERENTIAL EVOLUTION* (STUDI KASUS: HARGA PEMBUKAAN SAHAM APPLE INC. PERIODE AGUSTUS 2020 - AGUSTUS 2022)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

OPTIMIZATION OF TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING PARAMETERS USING DIFFERENTIAL EVOLUTION

(Case Study: Opening Stock Prices of Apple Inc. from August 2020 to August 2022)

ABSTRACT

The Triple Exponential Smoothing (TES) method is a time series forecasting method capable of accurately predicting data patterns that exhibit both seasonal and trend influences simultaneously. The TES method has three parameters: the level smoothing parameter (α), the trend smoothing parameter (β), and the seasonal smoothing parameter (γ). Currently, there is no definitive method to optimally select these parameters. Therefore, the determination of the optimal values for parameters α , β , and γ often relies on a trial-and-error approach, which is less efficient. In this study, the Differential Evolution (DE) algorithm is used to obtain the optimal values for parameters α , β , and γ . However, stock price forecasting remains an interesting and challenging topic for professionals as it is a crucial step before making investment decisions. This study aims to optimize the parameters α , β , γ in the TES method using the DE algorithm for the opening stock price data of Apple Inc. The results of the study indicate that the DE algorithm is effective in finding parameter combinations that produce reliable forecasts for the opening stock prices of Apple Inc. Based on the application of the DE algorithm in parameter optimization, it was found that the best-suited parameters for the opening stock prices of Apple Inc. are: the level smoothing parameter with a value of $7,90703 \times 10^{-6}$, the trend smoothing parameter with a value of 0,26981, and the seasonal smoothing parameter with a value of 0,99966. The MAPE value in this study reached 0.01228%, indicating that the TES model with the optimized parameters has very good forecasting accuracy.

Keywords: *Time Series Forecasting, Triple Exponential Smoothing, Differential Evolution*

Zalfa Nurjihan, 2024

OPTIMASI PARAMETER TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING MENGGUNAKAN DIFFERENTIAL EVOLUTION (STUDI KASUS: HARGA PEMBUKAAN SAHAM APPLE INC. PERIODE AGUSTUS 2020 - AGUSTUS 2022)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Peramalan	7
2.2 Analisis Runtun Waktu	8
2.3 Dekomposisi Data	11
2.4 Stasioneritas.....	14
2.5 Fungsi Autokorelasi dan Fungsi Autokorelasi Parsial	19
2.6 Proses <i>White Noise</i>	22
2.7 Metode <i>Exponential Smoothing</i>	24
2.7.1 <i>Single Exponential Smoothing</i>	26
2.7.2 <i>Double Exponential Smoothing</i>	29
2.7.3 <i>Triple Exponential Smoothing</i>	32
2.8 Algoritma <i>Differential Evolution</i>	34

Zalfa Nurjihan, 2024

OPTIMASI PARAMETER TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING MENGGUNAKAN DIFFERENTIAL EVOLUTION (STUDI KASUS: HARGA PEMBUKAAN SAHAM APPLE INC. PERIODE AGUSTUS 2020 - AGUSTUS 2022)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

2.9 Pengukuran Akurasi Peramalan	39
2.10 Saham	41
BAB III METODE PENELITIAN	43
3.1 Pendekatan Penelitian.....	43
3.2 Jenis dan Sumber Data	43
3.3 Prosedur Algoritma <i>Differential Evolution</i> (DE)	44
3.4 Prosedur Pemodelan <i>Triple Exponential Smoothing</i> (TES).....	44
3.5 Prosedur Optimasi Parameter TES Menggunakan Algoritma DE	45
3.6 Alur Penelitian.....	46
3.7 Implementasi Algoritma DE untuk Fungsi-Fungsi <i>Benchmark</i> dalam Masalah Optimasi Global	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	60
4.1 Deskripsi Data	60
4.2 Dekomposisi Data	61
4.3 Optimasi Parameter <i>Triple Exponential Smoothing</i> (TES) Menggunakan Algoritma <i>Differential Evolution</i> (DE)	62
4.3.1 Inisialisasi Data.....	62
4.3.2 Implementasi Algoritma DE untuk Optimasi Parameter TES.....	65
4.4 Pemodelan TES	72
4.5 Peramalan Harga Pembukaan Saham Periode Selanjutnya.....	75
BAB V PENUTUP.....	77
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN.....	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pola Horizontal Data Runtun Waktu	9
Gambar 2.2 Pola Tren Data Runtun Waktu.....	9
Gambar 2.3 Pola Musiman Data Runtun Waktu	10
Gambar 2.4 Pola Musiman Aditif dan Multiplikatif Data Runtun Waktu	11
Gambar 2.5 Pola Siklis Data Runtun Waktu	11
Gambar 2.6 Grafik Data Stasioner dalam Rata-Rata.....	15
Gambar 2.7 Grafik Data Stasioner dalam Varians	17
Gambar 2.8 Grafik Data Non-Stasioner dalam Rata-Rata dan Varians	18
Gambar 2.9 Skema Mutasi dalam DE	36
Gambar 2.10 Skema Rekombinasi dalam DE	37
Gambar 2.11 Skema Seleksi dalam DE.....	38
Gambar 2.12 Diagram Alur Algoritma DE	38
Gambar 2.13 <i>Pseudo Code</i> Algoritma DE	39
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian	46
Gambar 4.1 Plot Data Harga Pembukaan Saham Apple Inc.	60
Gambar 4.2 Plot Dekomposisi Data Harga Pembukaan Saham Apple Inc.	61
Gambar 4.3 Visualisasi Komparatif Data Aktual dan Hasil Pemodelan TES.....	74
Gambar 4.4 Plot Peramalan Harga Pembukaan Saham Periode September 2022	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai λ dan Transformasinya	17
Tabel 2.2 Kriteria Nilai MAPE	40
Tabel 3.1 Generasi Pencarian Solusi Optimal Global Fungsi <i>Ackley 2</i>	49
Tabel 3.2 Generasi Pencarian Solusi Optimal Global Fungsi <i>Booth</i>	52
Tabel 3.3 Generasi Pencarian Solusi Optimal Global Fungsi <i>Adjiman</i>	55
Tabel 3.4 Generasi Pencarian Solusi Optimal Global Fungsi <i>Periodic</i>	58
Tabel 4.1 Data Awal Harga Pembukaan Saham Apple Inc.	62
Tabel 4.2 Generasi Optimasi Parameter TES.....	70
Tabel 4.3 Parameter TES Terbaik Hasil Optimasi	71
Tabel 4.4 Perbandingan Data Aktual dan Data Hasil Pemodelan TES	74
Tabel 4.5 Peramalan Satu Periode Musiman Selanjutnya.....	75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Harga Pembukaan Saham Apple Inc. Periode Agustus 2020 – Agustus 2022.....	92
Lampiran 2 <i>Source Code Python</i> untuk Studi Kasus dalam Penelitian	94
Lampiran 3 Data Hasil Pemodelan <i>Triple Exponential Smoothing</i>	95

DAFTAR PUSTAKA

- Ackley, D. (2012). *A connectionist machine for genetic hillclimbing* (Vol. 28). Springer science & business media.
- Adjiman, C. S., Dallwig, S., Floudas, C. A., & Neumaier, A. (1998). A global optimization method, α BB, for general twice-differentiable constrained NLPs—I. Theoretical advances. *Computers & Chemical Engineering*, 22(9), 1137-1158.
- Akar, C., & Kapucu, H. (2019). IN BUSINESS & LIFE SCIENCES.
- Akhdan, A., & Fauzy, A. (2023). Pendekatan Rantai Markov Waktu Diskrit dalam Memprediksi Penurunan dan Kenaikan Jumlah Pelanggan Air Minum Baru PDAM Kota Surakarta: Pendekatan Rantai Markov Waktu Diskrit. *Emerging Statistics and Data Science Journal*, 1(2), 309-319.
- Ali, M. M., Khompatporn, C., & Zabinsky, Z. B. (2005). A numerical evaluation of several stochastic algorithms on selected continuous global optimization test problems. *Journal of global optimization*, 31, 635-672.
- Amalia, R. R., & Hairiyah, N. (2018). Peramalan Kebutuhan Bahan Baku Tandan Buah Segar (TBS) Menggunakan Metode Exponential Smoothing dan Linier Regresion di PT. Pola Kahuripan Intisawit. *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, 5(2), 101-109.
- Anjasmara, S. N. (2017). PENERAPAN METODE AUTOREGRESSIVE FRACTIONALLY INTEGRATED MOVING AVERAGE (ARFIMA) DALAM PERAMALAN LAJU INFLASI DI INDONESIA.
- Apaydin, H., Taghi Sattari, M., Falsafian, K., & Prasad, R. (2021). Artificial intelligence modelling integrated with Singular Spectral analysis and Seasonal-Trend decomposition using Loess approaches for streamflow

predictions. *Journal of Hydrology*, 600, 126506.
doi:10.1016/j.jhydrol.2021.126506

Apriliyani, E. P. (2022). Model Peramalan Novel Grey untuk Data Musiman terhadap Indeks Harga Produsen Sektor Jasa Pendidikan. S1 thesis, Universitas Pendidikan Indonesia.

Assauri, S. (1984). Teknik dan metode peramalan. *Lembaga Penerbit FE UI, Jakarta*.

Azis, A., Muthmainnah, A., Puspita, C. P., SB, I. M., Irianto, E. D. A., Ghozali, Z., ... & Suprayitno, D. (2024). *Buku Ajar Manajemen Investasi*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.

Bandara, K., Hyndman, R. J., & Bergmeir, C. (2021). MSTL: A seasonal-trend decomposition algorithm for time series with multiple seasonal patterns. *arXiv preprint arXiv:2107.13462*.

Barman, N., Hasan, M. B., & Dhali, M. N. (2018). Advising an Appropriate Forecasting Method for a Snacks Item (Biscuit) Manufacture Company in Bangladesh. *Dhaka University Journal of Science*, 66(1), 55-58.

Bharadiya, J. P. (2023). Leveraging machine learning for enhanced business intelligence. *INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 7(1), 1-19.

Box, G. E. P. & Jenkins, G. M. (1970). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. San Francisco: Holden-Day.

Byrne, R. F. (2012). Beyond Traditional Time-Series: Using Demand Sensing to Improve Forecasts in Volatile Times. *Journal of Business Forecasting*, 31(2).

Chang, Q., & Hu, J. (2022). Application of Hidden Markov Model in Financial Time Series Data. *Security and Communication Networks*, 2022.

- Chang, P. C., Wang, Y. W., & Liu, C. H. (2007). The development of a weighted evolving fuzzy neural network for PCB sales forecasting. *Expert Systems with Applications*, 32(1), 86-96.
- Chen, H., Rossi, R. A., Mahadik, K., Kim, S., & Eldardiry, H. (2023). Graph Deep Factors for Probabilistic Time-series Forecasting. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data*, 17(2), 1-30.
- Cheng, L., Xiao, T., Hu, X., Mohamed, A. W., Liu, Y., & Du, W. (2023). Inversion of Gravity Data with Multiplicative Regularization Using an Improved Adaptive Differential Evolution. *Minerals*, 13(8), 1027.
- Cui, Z., Alex, R., Akerkar, R., & Yang, X. S. (2014). Recent advances on bioinspired computation. *The Scientific World Journal*, 2014.
- Desviona, N., Rahmawati, A., & Fatmah, F. (2022). PERAMALAN JUMLAH PENCARI KERJA DI PROVINSI JAMBI DENGAN METODE EXPONENTIAL SMOOTHING. *JURNAL ECONOMINA*, 1(1), 21-27.
- Deviana, S., Nusyirwan, N., Azis, D., & Ferdias, P. (2021). Analisis Model Autoregressive Integrated Moving Average Data Deret Waktu Dengan Metode Momen Sebagai Estimasi Parameter. *Jurnal Siger Matematika*, 2(2), 57-67.
- Dianting, L., Chenguang, Z., & Kangzheng, H. (2019, November). Trajectory Optimization of Two-joint Manipulator Based on Differential Evolution Algorithm. In *Proceedings of the 4th International Conference on Intelligent Information Processing* (pp. 117-121).
- Ehiagwina, F. O., Afolabi, L. O., Mustapha, K., Raheem, K., Jibola, A. J., & Salaudeen, W. O. (2022). A Study on the Performance of GA-Holt-Winters Model in 900 MHz Spectrum Prediction.
- Fachroji, F. (2020). *ANALISIS TEKNIKAL PERGERAKAN HARGA SAHAM INDIVIDUAL KONSTRUKSI BUMN YANG TERDAFTAR PADA INDEKS*

LQ45 (Studi pada Saham Konstruksi BUMN dalam Indeks LQ45) (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Indonesia).

- Fahlevi, A., Bachtiar, F. A., & Setiawan, B. D. (2018). Perbandingan Holt's dan Winter's Exponential Smoothing untuk Peramalan Indeks Harga Konsumen Kelompok Transportasi, Komuni dan Jasa Keuangan. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(12), 6136-6145.
- Fakhrudin, Y. H. (2021). Peramalan Ekspor Non-Migas di Indonesia menggunakan Metode Hybrid ARIMAX-ANN dengan Fungsi Transfer. S1 thesis, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Georgioudakis, M., & Plevris, V. (2020). A comparative study of differential evolution variants in constrained structural optimization. *Frontiers in Built Environment*, 6, 102.
- Ginantra, N. L. W. S. R., & Anandita, I. B. G. (2019). Penerapan Metode Single Exponential Smoothing Dalam Peramalan Penjualan Barang. *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer dan Informatika)*, 3(2), 433-441.
- Goodwin, P. (2010). The holt-winters approach to exponential smoothing: 50 years old and going strong. *Foresight*, 19(19), 30-33.
- Gustiansyah, M. A., Rizki, A., Apriyanti, B., Maulidia, K., Roa, R. J. R., Al Hadi, O., ... & Angraini, Y. (2023). Aplikasi Model ARIMA dalam Peramalan Data Harga Emas Dunia Tahun 2010-2022. *Jurnal Statistika dan Aplikasinya*, 7(1), 84-92.
- Hamdanirahman, B. (2021). Penerapan Metode Vector Autoregressive Exogenous (VARX) – Double Exponential Smoothing (DES) untuk Peramalan Kasus COVID-19 (Studi Kasus: Positif, Sembuh, dan Meninggal COVID-19 di Provinsi Jawa Barat Periode Agustus 2020 – Mei 2021). S1 thesis, Universitas Pendidikan Indonesia.

- Handika, I. P. S., & Satwika, I. K. S. (2023). Enhancing Sales Forecasting Accuracy Through Optimized Holt-Winters Exponential Smoothing with Modified Improved Particle Swarm Optimization. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika: JANAPATI*, 12(2).
- Hani'ah, M., & Kurniawan, Y. (2023). Optimasi Parameter Holt–Winters Exponential Smoothing Menggunakan Multivariabel Golden Section Untuk Prediksi Penjualan Mobil Indonesia. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(2), 596-609.
- Hartono, J. (2022). Teori portofolio dan analisis investasi.
- Hassen, O. A., Darwish, S. M., Abu, N. A., & Abidin, Z. Z. (2020). Application of cloud model in qualitative forecasting for stock market trends. *Entropy*, 22(9), 991.
- Henderi, H., Zuliana, S. R., & Pradana, R. A. (2019). Periodic Data Analysis and Forecasting As An Overview of Future Management Economics. *Aptisi Transactions on Management (ATM)*, 3(1), 73-83.
- Hyndman, R., Koehler, A. B., Ord, J. K., & Snyder, R. D. (2008). *Forecasting with exponential smoothing: the state space approach*. Springer Science & Business Media.
- Ismarani, I., Saputro, D. R. S., & Setiyowati, R. (2021, February). Pemodelan Banyaknya Penumpang Kereta Api di Pulau Jawa dengan Nonlinear Autoregressive Neural Network. In *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika* (Vol. 4, pp. 645-651).
- Iwueze, I. S., Nwogu, E. C., Johnson, O., & Ajaraogu, J. C. (2011). Uses of the Buys-Ballot table in time series analysis. *Applied Mathematics*, 2(05), 633.

- Jamil, M., & Yang, X. S. (2013). A literature survey of benchmark functions for global optimisation problems. *International Journal of Mathematical Modelling and Numerical Optimisation*, 4(2), 150-194.
- Kalekar, P. S. (2004). Time series forecasting using holt-winters exponential smoothing. *Kanwal Rekhi school of information Technology*, 4329008(13), 1-13.
- Kasiram, M. (2008). *Metodologi Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif*. Malang: UIN-Maliki Press.
- Kusumawardhani, S. (2019). Implementasi Assosiation Mining Menggunakan Algoritma Dekomposisi Untuk Mengetahui Pola Tren, Siklik Dan Faktor Musiman Pada Perpustakaan Daerah Kabupaten Sukabumi. *Jurnal Restikom: Riset Teknik Informatika dan Komputer*, 1(1).
- Li, J. Y., Du, K. J., Zhan, Z. H., Wang, H., & Zhang, J. (2022). Distributed differential evolution with adaptive resource allocation. *IEEE transactions on cybernetics*, 53(5), 2791-2804.
- Lusiana, A., & Yuliarty, P. (2020). Penerapan Metode Peramalan (Forecasting) pada Permintaan Atap di PT X. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 10(1), 11-20.
- Mahfudhotin, M. (2023). FORECASTING PLAFOND DENGAN TIME SERIES PADA KREDIT MULTIGUNA DI PT. BANK JATIM CABANG RSU DR. SOETOMO SURABAYA. *Fraction: Jurnal Teori dan Terapan Matematika*, 3(1), 14-22.
- Makridakis, S. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan (Edisi ke-2)*. Jakarta: Erlangga.

- Mbuli, N., Mathonsi, M., Seitshiro, M., & Pretorius, J.-H. C. (2020). Decomposition forecasting methods: A review of applications in power systems. *Energy Reports*, 6, 298–306. doi:10.1016/j.egy.2020.11.238
- Meisenbacher, S., Turowski, M., Phipps, K., Rätz, M., Müller, D., Hagenmeyer, V., & Mikut, R. (2022). Review of automated time series forecasting pipelines. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 12(6), e1475.
- Mohammed, S. A., Ahmed, I., & Mohammed, I. U. (2022). The Comparison of Various Exponential Smoothing Models and their Significance in Modern Time Series Forecasting. *African Journal of Advances in Science and Technology Research*, 8(1), 08-21.
- Mokosolang, G., Langi, Y., & Mananohas, M. L. (2022). Prediksi Harga Saham Kimia Farma dan Saham Netflix di Era New Normal Menggunakan Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA). *d'CARTESIAN: Jurnal Matematika dan Aplikasi*, 11(1), 23-31.
- Mukherjee, S., Varde, A. S., Javidi, G., & Sheyban, E. (2014). Predictive analysis of engine health for decision support. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 15(2), 39-49.
- Musdalifah Azis, S. E., Mintarti, S., & Maryam Nadir, S. E. (2015). *Manajemen Investasi Fundamental, Teknikal, Perilaku Investor dan Return Saham*. Deepublish.
- Natawijaya, R. A. (2021). *ANALISIS RANTAI MARKOV UNTUK MENGETAHUI PELUANG PERPINDAHAN PILIHAN PROGRAM STUDI* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Kalimantan).
- Nathaniel, A. S., & Butar, S. B. (2019). Determinan Efisiensi Investasi Perusahaan Publik di Indonesia. *Jurnal Akuntansi Bisnis*, 17(2), 192-205.

- Nazim, A., & Afthanorhan, A. (2014). A comparison between single exponential smoothing (SES), double exponential smoothing (DES), holt's (brown) and adaptive response rate exponential smoothing (ARRES) techniques in forecasting Malaysia population. *Global Journal of Mathematical Analysis*, 2(4), 276-280.
- NIST/SEMATECH. (2013). *e-Handbook of Statistical Methods*. <https://doi.org/10.18434/M32189>
- Nurhamidah, N., Nusyirwan, N., & Faisol, A. (2020). Forecasting seasonal time series data using the holt-winters exponential smoothing method of additive models. *Jurnal Matematika Integratif*, 16(2), 151-157.
- Nurman, S., Nusrang, M., & Sudarmin. (2022). Analysis of Rice Production Forecast in Maros District Using the Box-Jenkins Method with the ARIMA Model. *ARRUS Journal of Mathematics and Applied Science*, 2(1), 36-48.
- Nurutami, S. (2019). Analisis Faktor-Faktor yang Memengaruhi Harga Saham pada Perusahaan Bursa Efek Indonesia. Skripsi. Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Program Studi Manajemen, Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Ostertagova, E., & Ostertag, O. (2012). Forecasting using simple exponential smoothing method. *Acta Electrotechnica et Informatica*, 12(3), 62.
- Paembonan, M., & Alam, F. M. D. I. P. (2016). MODEL ARIMAX, RADIAL BASIS FUNCTION NETWORK (RBFN), DAN HYBRID ARIMAX-RBFN UNTUK PERAMALAN INFLOW DAN OUTFLOW UANG KARTAL DI PROVINSI PAPUA.
- Pant, M., Zaheer, H., Garcia-Hernandez, L., & Abraham, A. (2020). Differential Evolution: A review of more than two decades of research. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 90, 103479.

- Putra, E. F., Asdi, Y., & Maiyastri, M. (2019). Peramalan Dengan Metode Pemulusan Eksponensial Holt-Winter Dan Sarima (Studi Kasus: Jumlah Produksi Ikan (Ton) di Kota Sibolga Tahun 2000-2017). *Jurnal Matematika UNAND*, 8(1), 75-83.
- Rachmawati, A. K. (2021). Peramalan penyebaran jumlah kasus Covid19 provinsi Jawa Tengah dengan metode ARIMA. *Zeta-Math Journal*, 6(1), 11-16.
- Rahimullaily, R., & Amalina, A. (2021). Kestasioneran Kurs Dolar Amerika dan Harga Saham Pada Masa Pandemi Covid 19 Tahun 2020. *Journal of Science and Technology*, 1(1), 83.
- Ramadhana, A. F. (2021). *PERBANDINGAN MODEL INTEGRATED GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSCEDASTICITY (IGARCH) DAN GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSCEDASTICITY IN MEAN (GARCHM) UNTUK PERHITUNGAN VALUE AT RISK* (Doctoral dissertation, Muhammadiyah University, Semarang).
- Risya, U., & Nurodin, I. (2017). Pengaruh transparansi dan akuntabilitas terhadap pengelolaan keuangan desa. *Jurnal Ilmiah Ilmu Ekonomi (Jurnal Akuntansi, Pajak dan Manajemen)*, 6(11), 74-80.
- Rizky, A. A., Jauhari, L., Fatimah, S., Ningsih, W., & Mandailina, V. (2020). Implementasi metode winter untuk forecasting pertumbuhan jumlah penduduk: studi kasus wilayah provinsi NTB. *Jurnal Pemikiran dan Penelitian Pendidikan Matematika (JP3M)*, 3(1), 51-61.
- Rofi, A. (2019). Peramalan Data Deret Waktu Musiman dengan Metode Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) dan Metode Dekomposisi pada Data Jumlah Penumpang Melalui Bandara Polonia Tahun 2009-2018.

- Romeo, D. (2023). Implementasi algoritma differential evolution untuk pencarian solusi optimal global beberapa fungsi differentiable dan non-differentiable. S1 thesis, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Royadi, D., Nawi, M. N. M., & Supyaningsih, F. (2018). Measurement of Reliability of Test Instruments Through Management of Education and Psychology. *Aptisi Transactions On Management*, 2(2), 149-158.
- Saeed, W. (2022). Frequency-based ensemble forecasting model for time series forecasting. *Computational and Applied Mathematics*, 41(2), 66.
- Safira, A. N., Warsito, B., & Rusgiyono, A. (2023). ANALISIS SUPPORT VECTOR REGRESSION (SVR) DENGAN ALGORITMA GRID SEARCH TIME SERIES CROSS VALIDATION UNTUK PREDIKSI JUMLAH KASUS TERKONFIRMASI COVID-19 DI INDONESIA. *Jurnal Gaussian*, 11(4), 512-521.
- Santi, D., Nusyirwan, N., Dorrah, A., & Pandri, F. (2021). Analisis Model Autoregressive Integrated Moving Average Data Deret Waktu Dengan Metode Momen Sebagai Estimasi Parameter. *Jurnal Siger Matematika*, 2(02), 57-67.
- Sen, A., Gupta, V., & Tang, C. (2023). Differential Evolution Algorithm Based Hyperparameter Selection of Gated Recurrent Unit for Electrical Load Forecasting. *arXiv preprint arXiv:2309.13019*.
- Setyawan, W., Putro, B. E., & Irawan, M. (2020). Perancangan Model Return Saham Pada Perusahaan Otomotif Yang Go Public. *Jurnal Media Teknik dan Sistem Industri*, 3(2), 59-66.
- Shen, Z., Zhang, Y., Lu, J., Xu, J., & Xiao, G. (2020). A novel time series forecasting model with deep learning. *Neurocomputing*, 396, 302-313.

- Sidqi, F., & Sumitra, I. D. (2019, November). Forecasting product selling using single exponential smoothing and double exponential smoothing methods. In *IOP conference series: materials science and engineering* (Vol. 662, No. 3, p. 032031). IOP Publishing.
- Silva, R. P., Zarpelão, B. B., Cano, A., & Junior, S. B. (2021). Time series segmentation based on stationarity analysis to improve new samples prediction. *Sensors*, *21*(21), 7333.
- Sriwindono, H., & Putranto, R. E. (2022, January). Optimisasi Parameter Metode Holt-Winter Dengan Menggunakan Algoritma Genetika. In *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Sosial dan Teknologi (SNISTEK)* (No. 4, pp. 256-261).
- Storn, R., & Price, K. (1997). Differential evolution—a simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces. *Journal of global optimization*, *11*, 341-359.
- Sudjana, D. (2004). Manajemen program pendidikan: Untuk pendidikan nonformal dan pengembangan sumber daya manusia. *Bandung: Falah Production*.
- Syaliman, K. U., Maysofa, L., & Sapriadi, S. (2023). Implementasi Forecasting Pada Penjualan Inaura Hair Care Dengan Metode Single Exponential Smoothing. *Jurnal Testing dan Implementasi Sistem Informasi*, *1*(2), 82-91.
- Tresnani, H. W., Sihabuddin, A., & Mustofa, K. (2018). Optimasi Parameter Pada Metode Peramalan Grey Holt-Winter Exponential Smoothing Dengan Golden Section. *Berkala MIPA*, *25*(3), 312-325.
- Tunang, Y., Manurung, T., & Nainggolan, N. (2019). Penerapan Model Vector Autoregressive (VAR) untuk Memprediksi Harga Cengkeh, Kopra dan Pala di Sulawesi Utara. *d’CARTESIAN: Jurnal Matematika dan Aplikasi*, *8*(2), 100-107.

- Ul Ukhra, A. (2016). Pemodelan dan peramalan data deret waktu dengan metode seasonal arima. *Jurnal Matematika UNAND*, 3(3), 59-67.
- Walida, N., Wahyuningsih, S., & Amijaya, F. D. T. (2021). PEMILIHAN PARAMETER OPTIMUM MENGGUNAKAN EXPONENTIAL SMOOTHING DENGAN METODE GOLDEN SECTION UNTUK PERAMALAN JUMLAH TITIK PANAS DI KALIMANTAN TIMUR. *Jambura Journal of Probability and Statistics*, 2(2), 75-85.
- Wang, F., & Aviles, J. (2023) Contrasting Univariate and Multivariate Time Series Forecasting Methods for Sales: A Comparative Analysis. *Applied Science and Innovative Research*, 7(2).
- Watung, R. W., & Ilat, V. (2016). Pengaruh Return On Asset (Roa), Net Profit Margin (Npm), Dan Earning Per Share (Eps) Terhadap Harga Saham Pada Perusahaan Perbankan Di Bursa Efek Indonesia Periode 2011-2015. *Jurnal EMBA: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis dan Akuntansi*, 4(2).
- Wen, Q., Zhang, Z., Li, Y., & Sun, L. (2020, August). Fast RobustSTL: Efficient and robust seasonal-trend decomposition for time series with complex patterns. In *Proceedings of the 26th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining* (pp. 2203-2213).
- Wheelwright, S., Makridakis, S., & Hyndman, R. J. (1998). *Forecasting: methods and applications*. John Wiley & Sons.
- Widitriani, N. P. S., Parwita, W. G. S., & Meinarni, N. P. S. (2020, April). Forecasting system using single exponential smoothing with golden section optimization. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1516, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.

- William, W., & Wei, S. (2006). Time series analysis: univariate and multivariate methods. *USA, Pearson Addison Wesley, Segunda edicion. Cap, 10*, 212-235.
- Winters, P. R. (1960). Forecasting sales by exponentially weighted moving averages. *Management science*, 6(3), 324-342.
- Wu, L., Liu, S., & Yang, Y. (2016). Grey double exponential smoothing model and its application on pig price forecasting in China. *Applied Soft Computing*, 39, 117-123.
- Yang, Z., Liu, L., Li, N., & Tian, J. (2022). Time series forecasting of motor bearing vibration based on informer. *Sensors*, 22(15), 5858.
- Yani, T. A. R., Wahyuningsih, S., & Siringoringo, M. (2022). Optimasi Parameter Pemulusan Pada Metode Peramalan Double Exponential Smoothing Holt Menggunakan Golden Section. *EKSPONENSIAL*, 13(1), 51-56.
- Zuhroh, A. (2023). *Perbandingan metode triple exponential smoothing dan arima untuk peramalan jumlah kebutuhan air pelanggan PDAM Kabupaten Pasuruan* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Zulianti, I. N., Martha, S., & Imro'ah, N. (2020). PERAMALAN HARGA EMAS BATANGAN MENGGUNAKAN METODE GREY DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING. *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, 9(4).