

**MODEL HYBRID *SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS* (SSA)-ARIMA
UNTUK PREDIKSI BILANGAN *SUNSPOT***

SKRIPSI



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Disusun Oleh
WINDA ARI YATI
09020221046

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

2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Winda Ari Yati

NIM : 09020221046

Program Studi : Matematika

Angkatan : 2021

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "Model Hybrid *Singular Spectrum Analysis* (SSA)-ARIMA untuk Prediksi Bilangan *Sunspot*". 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, 24 Juni 2025

Yang menyatakan,



Winda Ari Yati
NIM. 09020221046

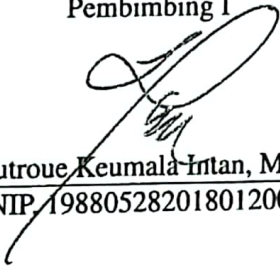
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

Nama : Winda Ari Yati
NIM : 09020221046
Judul skripsi : Model Hybrid *Singular Spectrum Analysis (SSA)*-ARIMA
untuk Prediksi Bilangan *Sunspot*

telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

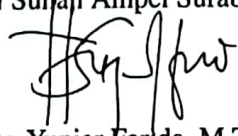
Pembimbing I


Putroue Keumala Intan, M.Si
NIP. 198805282018012001

Pembimbing II


Wika Dianita Utami, M.Sc.
NIP. 199206102018012003

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika
UIN Sunan Ampel Surabaya


Dr. Yuniar Farida, M.T.
NIP. 197905272014032002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh

Nama : Winda Ari Yati
NIM : 09020221046
Judul Skripsi : Model Hybrid *Singular Spectrum Analysis* (SSA)-ARIMA
untuk Prediksi Bilangan *Sunspot*

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 24 Juni 2025

Mengesahkan,
Tim Penguji

Penguji I



Ahmad Hanif Asyhar, M.Si
NIP. 198601232014031001

Penguji II



Hani Khaulasari, A.Md, M.Si.
NIP. 199102092020122011

Penguji III



Putroue Keumala Intan, M.Si
NIP. 198805282018012001

Penguji IV



Wika Dianita Utami, M.Sc.
NIP. 199206102018012003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya




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 : WINDA ARI YATI
NIM : 09020221046
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / MATEMATIKA
E-mail address : Windaariyati113@gmail.com

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

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :

MODEL HYBRID SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS (SSA) - ARIMA
UNTUK PREDIKSI BILANGAN SUNSPOT

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, 24 JUNI 2025

Penulis



(WINDA ARI YATI)
nama terang dan tanda tangan

ABSTRAK

Model Hybrid *Singular Spectrum Analysis* (SSA)-ARIMA untuk Prediksi

Bilangan *Sunspot*

Aktivitas matahari dipengaruhi oleh keberadaan *sunspot* yaitu daerah gelap di permukaan matahari yang memiliki aktivitas magnetik tinggi dan berdampak pada fluktuasi radiasi elektromagnetik ke bumi. Peningkatan aktivitas *sunspot* berdampak pada gangguan sinyal komunikasi, cuaca ekstrem serta dampak kesehatan akibat paparan sinar UV. Penelitian ini bertujuan membentuk dan mengevaluasi model hybrid SSA-ARIMA, serta menghasilkan prediksi bilangan *sunspot* untuk satu tahun selanjutnya. Sumber data jumlah bilangan *sunspot* diperoleh dari website *Sunspot Index and Long-term Solar Observations* (SILSO). Penelitian ini menggunakan model Hybrid SSA-ARIMA dengan tahapan awal pengolahan dengan metode SSA sehingga menghasilkan prediksi komponen tren dan musiman ($\hat{F}_t$) dan tahapan kedua menghasilkan prediksi komponen noise dengan model ARIMA(1,1,3) ($\hat{Z}_t$). Model Hybrid SSA-ARIMA dengan *length windows* $L=212$ dan ARIMA (1,1,3) menghasilkan persamaan $\hat{K}_t = \hat{F}_t + Z_{t-1} - 0.7994 Z_{t-1} + 0.7994 Z_{t-2} + 0.6164 \varepsilon_{t-1} - 0.3256 \varepsilon_{t-2} - 0.3236 \varepsilon_{t-3} + \varepsilon_t$ dengan hasil evaluasi MAPE 16,79%. Serta, hasil prediksi bilangan *sunspot* untuk periode Januari hingga Desember 2025 menunjukkan adanya tren peningkatan setelah mengalami penurunan pada awal tahun. Nilai minimum tercatat sebesar 36,4941 sedangkan nilai maksimum mencapai 138,6226.

Kata kunci: ARIMA, Bilangan *Sunspot*, Hybrid SSA-ARIMA, Prediksi, SSA

ABSTRACT

Hybrid Singular Spectrum Analysis (SSA)-ARIMA Model for Sunspot Number Prediction

Solar activity is influenced by the presence of sunspots, which are dark areas on the Sun's surface. On the surface of the Sun, there are regions with high magnetic activity that have an impact on fluctuations in electromagnetic radiation reaching the Earth. Increased sunspot activity can lead to communication signal interference, extreme weather events, and health impacts due to increased UV exposure. This study aims to establish and evaluate the SSA-ARIMA hybrid model, as well as to produce sunspot number predictions for the next year. The source of sunspot number data is obtained from the Sunspot Index and Long-term Solar Observations (SILSO) website. This research employs the Hybrid SSA-ARIMA model, where the initial stage of processing utilizes the SSA method to produce predictions of trend and seasonal components $\hat{F}_t$. The second stage then generates predictions of noise components using the ARIMA (1,1,3) model $\hat{Z}_t$. Hybrid SSA-ARIMA model with *length windows* $L=212$ and ARIMA (1,1,3) produces the equation $\hat{K}_t = \hat{F}_t + Z_{t-1} - 0.7994 Z_{t-1} + 0.7994 Z_{t-2} + 0.6164 \varepsilon_{t-1} - 0.3256 \varepsilon_{t-2} - 0.3236 \varepsilon_{t-3} + \varepsilon_t$ with MAPE evaluation results of 16,79%. Additionally, the prediction results for sunspot numbers from January to December 2025 indicate an increasing trend, following a decrease at the beginning of the year. The minimum value was recorded at 36.4941 while the maximum value reached 138.6226.

Keywords: ARIMA, Hybrid SSA-ARIMA, Sunspot Number, SSA, Prediction.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	10
1.3. Tujuan Penelitian	10
1.4. Batasan Masalah	10
1.5. Manfaat Penelitian	11
1.6. Sistematika Penulisan	11
II TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1. <i>Sunspot</i>	13
2.2. <i>Data Time Series</i>	15
2.3. Matriks	16
2.4. <i>SSA (Singular Spectrum Analysis)</i>	20
2.4.1. Dekomposisi	20
2.4.2. Rekonstruksi	25
2.4.3. <i>W-correlation</i>	27

2.4.4. <i>R-Forecasting</i>	27
2.5. ARIMA	28
2.5.1. Deteksi Kestasioneritas	29
2.5.2. Identifikasi Model	32
2.5.3. Estimasi Parameter	33
2.5.4. Uji Signifikansi Parameter	35
2.5.5. Asumsi Residual	36
2.5.6. Pemilihan Model Terbaik	38
2.6. Uji Linieritas	38
2.7. Hybrid SSA-ARIMA	40
2.8. Integrasi Keislaman	41
III METODE PENELITIAN	44
3.1. Jenis Penelitian	44
3.2. Sumber Data	44
3.3. Analisis Data	45
3.4. Tahapan Penelitian	45
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1. Deskripsi Data Bilangan <i>Sunspot</i>	54
4.2. <i>Singular Spectrum Analysis</i> (SSA)	57
4.2.1. Dekomposisi	57
4.2.2. Rekonstruksi	62
4.2.3. Prediksi dengan <i>R-Forecasting</i>	71
4.2.4. Evaluasi Prediksi Metode SSA	73
4.3. ARIMA	75
4.3.1. Deteksi Kestasioneritas	75
4.3.2. Identifikasi Model	80
4.3.3. Estimasi dan Uji Signifikansi Parameter ARIMA	81
4.3.4. Uji Asumsi Residual ARIMA	84
4.3.5. Pemilihan Model ARIMA Terbaik	87
4.4. SARIMA	88

4.4.1. Estimasi dan Uji Signifikansi SARIMA	88
4.4.2. Uji Asumsi Residual SARIMA	90
4.4.3. Pemilihan Model Terbaik	92
4.5. Hybrid SSA-ARIMA	94
4.5.1. Prediksi SSA	94
4.5.2. Uji Linearitas	96
4.5.3. Deteksi Kestasioneritas	97
4.5.4. Identifikasi Model	101
4.5.5. Estimasi dan Uji Signifikan Parameter	102
4.5.6. Uji Asumsi Residual	106
4.5.7. Pemilihan Model Terbaik	109
4.5.8. Evaluasi Hybrid SSA-ARIMA	110
4.6. Diskusi	112
4.7. Prediksi Bilangan <i>Sunspot</i>	113
4.8. Integrasi Keislaman	116
V PENUTUP	117
5.1. Kesimpulan	117
5.2. Saran	118
DAFTAR PUSTAKA	118

UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

DAFTAR TABEL

2.1	Transformasi Box-Cox	30
2.2	Karakteristik ACF dan PACF untuk berbagai model	33
2.3	Kriteria Penilaian MAPE	38
3.1	Data Bilangan <i>Sunspot</i> dari Tahun 1988-2024	44
4.1	Data Bilangan <i>Sunspot</i> dari Tahun 1988-2024	54
4.2	Statistik Deskriptif Data	56
4.3	<i>Eigen Value</i> dan <i>Singular Value</i>	59
4.4	<i>Eigen Vector</i>	61
4.5	<i>Principal Component</i>	61
4.6	Hasil <i>Grouping</i>	65
4.7	Hasil <i>Diagonal Averaging</i>	68
4.8	Nilai LRR	72
4.9	Prediksi Data <i>Outsample</i>	73
4.10	Akurasi MAPE Data <i>Outsample</i>	74
4.11	Data Setelah Transformasi	77
4.12	Uji ADF	78
4.13	Hasil Differencing Pertama	79
4.14	Uji ADF <i>First Differencing</i>	80
4.15	Uji Signifikansi Parameter	82
4.16	Uji Asumsi Residual <i>White Noise</i>	84
4.17	Uji Asumsi Normalitas Residual	86
4.18	Pemilihan Model Terbaik	87
4.19	Uji Signifikansi Parameter SARIMA	89
4.20	Uji Asumsi Residual <i>White Noise</i> SARIMA	90
4.21	Uji Asumsi Normalitas Residual SARIMA	91
4.22	MAPE SARIMA (2,1,0)(1,0,1) ₈	92

4.23	Nilai LRR Komponen Tren dan Musiman	95
4.24	Prediksi Data <i>Outsample</i>	95
4.25	Akurasi MAPE Data <i>Outsample</i>	96
4.26	Uji Linearitas Terasvirta	97
4.27	Data Komponen <i>Noise</i> Setelah Transformasi	98
4.28	Uji ADF Komponen <i>Noise</i>	100
4.29	Hasil Differencing Pertama	101
4.30	Uji Signifikansi Parameter Komponen <i>Noise</i>	103
4.31	Uji Asumsi Residual <i>White Noise</i> Komponen <i>Noise</i>	107
4.32	Uji Asumsi Normalitas Residual ARIMA Komponen <i>Noise</i>	108
4.33	Kriteria Pemilihan Model Terbaik Komponen <i>Noise</i>	109
4.34	Hasil Prediksi <i>Outsample</i> Hybrid SSA-ARIMA	111
4.35	Evaluasi Hybrid SSA-ARIMA dengan MAPE	112
4.36	Hasil Perbandingan Data <i>Outsample</i> Ketiga Model	113
4.37	Hasil Prediksi Bilangan Sunspot Tahun 2025	114

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

1.1	<i>Sunspot</i> pada matahari	4
1.2	Plot Jumlah Bilangan <i>Sunspot</i> Matahari	5
2.1	Ledakan dahsyat <i>flare</i> dan <i>Coronal Mass Ejection</i>	13
3.1	<i>flowchart</i> penelitian	46
3.2	<i>flowchart</i> metode SSA	47
3.3	<i>flowchart</i> Model ARIMA	49
3.4	<i>flowchart</i> Model Hybrid SSA-ARIMA	51
4.1	Plot Pola Data Bilangan <i>Sunspot</i>	55
4.2	Plot Singular Value	62
4.3	Plot <i>Eigen Vector</i>	63
4.4	Plot <i>Eigen Vector</i> Berpasangan	64
4.5	<i>W-Correlation</i>	65
4.6	Plot Komponen Tren	66
4.7	Plot Komponen Musiman	66
4.8	Plot Komponen <i>Noise</i>	67
4.9	Boxcox Sebelum Transformasi	76
4.10	Boxcox Setelah Transformasi	77
4.11	Plot ACF Data <i>Insample</i> sebelum <i>differencing</i>	78
4.12	Plot ACF setelah <i>differencing</i> pertama	80
4.13	Plot PACF setelah <i>differencing</i> pertama	81
4.14	Boxcox Komponen <i>Noise</i> Sebelum Transformasi	98
4.15	Boxcox Data <i>Noise</i> Setelah Transformasi	99
4.16	Plot ACF Komponen <i>Noise</i> sebelum <i>differencing</i>	100
4.17	Plot ACF Komponen <i>Noise First Differencing</i>	101
4.18	Plot PACF Komponen <i>Noise First Differencing</i>	102

4.19 Plot Prediksi Bilangan <i>Sunspot</i>	115
--	-----



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Adiguno, S., Syahra, Y., & Yetri, M. (2022). Prediksi peningkatan omset penjualan menggunakan metode regresi linier berganda. *Jurnal Sistem Informasi Triguna Dharma (JURSI TGD)*, 1(4), 275–281.
- Afida, A. N., Yuberti, Y., & Mustari, M. (2019). Matahari dalam Perspektif Sains dan Al-Qur'an. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 2(1), 27–35.
- Aizzah, Z., Intan, P. K., & Utami, W. D. (2022). Prediksi jumlah gempa tektonik di wilayah jawa timur dengan menggunakan metode arima box jenkins dan kalman filter. *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, 5(2), 111–116.
- Aktivani, S. (2020). Uji Stasioneritas Data Inflasi Kota Padang Periode 2014-2019. *Statistika*, 20(2), 83–90.
- Al Azhima, S. A. T., Darmawan, D., Hakim, N. F. A., Kustiawan, I., Al Qibtiya, M., & Syafei, N. S. (2022). Hybrid machine learning model untuk memprediksi penyakit jantung dengan metode logistic regression dan random forest. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 8(1), 40–46.
- Alabadla, Z., Schlink, U., Wahab, M. M. A., Robaa, S. M., & El-motey, G. G. A. (2020). Global Solar Radiation Analysis and Possible Linked to Sunspots Number over Gaza , Palestine. 10(9), 1503–1511.
- Alfitriani, N., Maula, W. A., & Hadiapurwa, A. (2021). Penggunaan Media

- Augmented Reality dalam Pembelajaran Mengenal Bentuk Rupa Bumi. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 38(1), 30–38.
- Alnursa, D. S., Lukman, S., & Abdullah, I. (2022). Pengaruh sistem pembelajaran daring terhadap minat belajar mahasiswa program studi pendidikan geografi stkip kie raha pada masa pandemi covid 19. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(1), 234–241.
- Al'afi, A. M., Widiarti, W., Kurniasari, D., & Usman, M. (2020). Peramalan data time series seasonal menggunakan metode analisis spektral. *Jurnal Siger Matematika*, 1(1), 10–15.
- Amalia Idrus, R., Ruliana, & Aswi (2022). Penerapan Metode Singular Spectrum Analysis dalam Peramalan Jumlah Produksi Beras di Kabupaten Gowa. *VARIANSI: Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research*, 4(2), 49–58.
- Apriani, W., Oktavia, A., Hanam, E., Zaenudin, M., Rahakbauw, D., Ulfah, F., Sharah, M., Sadat, A., Kurniansyah, M., et al. (2024). *Metematika Dasar*. TOHAR MEDIA.
- Arumsari, M., Wahyuningsih, S., & Siringoringo, M. (2021). Inflation Forecasting for East Kalimantan Province Using Hybrid Singular Spectrum Analysis-Autoregressive Integrated Moving Average Model Peramalan Inflasi Provinsi Kalimantan Timur Menggunakan Model Hybrid Singular Spectrum Analysis-Autoregressive Inte. *Jurnal Matematika, Statistika, & Komputasi*, 18(1), 78–92.
- Azevedo, B. F., Rocha, A. M. A., & Pereira, A. I. (2024). Hybrid approaches to optimization and machine learning methods: a systematic literature review. *Machine Learning*, (pp. 1–43).

- Berrilli, F. & Giovannelli, L. (2022). The Great Aurora of 4 February 1872 observed by Angelo Secchi in Rome. *Journal of Space Weather and Space Climate*, 12, 3.
- Bhowmik, P. & Nandy, D. (2018). Prediction Of The Strength and Timing Of Sunspot Cycle 25 Reveal Decadal-Scale Space Environmental Conditions. *Nature Communications*, 9(1).
- Biswas, A., Karak, B. B., Usoskin, I., & Weisshaar, E. (2023). Long-term modulation of solar cycles. *Space Science Reviews*, 219(3), 19.
- Cahyo, E. N. & Susanti, E. (2022). Analisis Time Series Untuk Deep Learning Dan Prediksi Data Spasial Seismik: Studi Literatur. *Jurnal Teknologi*, 15(2), 124–136.
- Cahyono, W. E. (2010). Dampak Aktivitas Matahari Terhadap Kenaikan Temperatur Global. *Berita Dirgantara*, 11(1).
- Carley, E. P., Vilmer, N., Simões, P. J., & Fearraigh, B. Ó. (2017). Estimation of a coronal mass ejection magnetic field strength using radio observations of gyrosynchrotron radiation. *Astronomy & Astrophysics*, 608, A137.
- Chatzistergos, T., Ermolli, I., Krivova, N. A., Barata, T., Carvalho, S., & Malherbe, J. M. (2022). Scrutinising the relationship between plage areas and sunspot areas and numbers. *Astronomy and Astrophysics*, 667, 1–21.
- Deli, T., Kartikasari, P., & Utami, I. T. (2024). Implementasi Metode Singular Spectrum Analysis (SSA) Pada Peramalan Indeks LQ45. *Jurnal Gaussian*, 13(1), 210–218.
- Deqita, A. D. & Sudarti (2022). Analisis Intensitas Radiasi Matahari Dan

- Peningkatan Suhu Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains (JPFS)*, 5(2), 76–82.
- Dwiadi, Q. A., Indriani, A., Nauli, T. S., Nurhapilah, H., & Darmawan, G. (2023). Peramalan Konsumsi Gas Alam Amerika Serikat dengan Double Seasonality menggunakan Singular Spectrum Analysis (SSA). *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(6), 6405–6421.
- Ekawati, S. (2019). Nilai Eigen Matriks Quaternion. *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, 16(1), 33–39.
- Fajar, M. (2019). An application of hybrid forecasting singular spectrum analysis–extreme learning machine method in foreign tourists forecasting. *Jurnal Matematika Mantik*, 5(2), 60–68.
- Farida, Y., Farmita, M., Ulinuha, N., & Yuliati, D. (2022). Forecasting population of madiun regency using arima method. *CAUCHY: Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi*, 7(3), 420–431.
- Fathoni, M. Y. & Wijayanto, S. (2021). Forecasting penjualan gas lpg di toko sembako menggunakan metode fuzzy time series. *JUPITER: Jurnal Penelitian Ilmu dan Teknologi Komputer*, 13(2), 87–96.
- Febrianti, T. K., Sulandari, W., & Pratiwi, H. (2021). Peramalan Curah Hujan di Kota Bandung Menggunakan Singular Spectrum Analysis. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 8(2), 56–65.
- Fitri, F., Rahmat, R., & Pengestuti, A. (2020). Forecasting of rainfall in sumatera barat: singular spectrum analysis (ssa) application. In *Journal of Physics: Conference Series*, volume 1554 (pp. 012047).: IOP Publishing.

- Gopalswamy, N. (2022). The sun and space weather. *Atmosphere*, 13(11), 1–34.
- Hajjah, A. & Marlim, Y. N. (2021). Analisis error terhadap peramalan data penjualan. *Techno. Com*, 20(1), 1–9.
- Hamdi, S. & Sumaryati (2020). Pola Lama Penyinaran Matahari Dalam 20 Tahun Pengamatan Di Sumedang. *Jurnal Sains Dirgantara*, 17(2), 81–94.
- Hamirsa, M. H. (2022). Usulan Perencanaan Peramalan (Forecasting) dan Safety Stock Persediaan Spare Part Busi Champion Type RA7YC-2 (EV01/EW-01/2) Menggunakan Metode Time Series pada PT Triangle Motorindo Semarang. *Industrial Engineering Online Journal*, 11(1), 1–10.
- Haryanto, Y. D., Riama, N. F., & Purnama, D. R. (2022). Pengaruh fenomena sunspot terhadap variasi suhu udara dan kelembapan relatif di kota medan. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 23(2), 75–81.
- Hasanah, R. A., Novitasari, D. C. R., Widodo, N., & Asyhar, A. H. (2019). Pengelompokan Sunspot Pada Citra Matahari dengan Menggunakan K-Means Clustering. *Math Vision*, 01(02), 72–78.
- Hayati, F. N., Silfiani, M., & Nurlaily, D. (2022). Perbandingan metode arima, dan triple exponential smoothing pada studi kasus data ekspor non migas di kalimantan timur. *Jurnal Sains, Nalar, dan Aplikasi Teknologi Informasi*, 1(2), 75–81.
- Hayati, N., Riskilawati, I., Alfajri, M. I., Paisal, A., & Ridho, A. R. (2024). Gerak dan Rotasi Bumi : Realitas Ilmiah dalam Al Qur'an . *JICN: Jurnal Intelek dan Cendekiawan Nusantara*, 1(3), 4661–4673.

- Hutami, B. R., Kusnandar, D., & Andani, W. (2024). Peramalan Intensitas Curah Hujan di Kota Pontianak dengan Metode Vector Autoregressive . *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, 13(5).
- Idrus, R. A., Ruliana, R., & Aswi, A. (2022). Penerapan Metode Singular Spectrum Analysis dalam Peramalan Jumlah Produksi Beras di Kabupaten Gowa. *VARIANSI: Journal of Statistics and Its application on Teaching and Research*, 4(2), 49–58.
- Ilahi, E., Zukhronah, E., & Susanti, Y. (2023). Model hibrida singular spectrum analysis (ssa) dan autoregressive integrated moving average (arima) untuk peramalan indeks harga konsumen. In *Jurnal Seminar Nasional Pendidikan Matematika Ahmad Dahlan*, volume 7 (pp. 72–81).
- Kurniawan, A. (2017). Gejala Fotokeratitis Akut Akibat Radiasi Sinar Ultraviolet (UV) Pada Pekerja Las Di PT. PAL INDONESIA Surabaya. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 13(1), 22–31.
- Kurniawan, T., Alwan, H., & Adab, P. (2023). *Buku Ajar Metode Analitik dan Numerik Teknik Kimia*. Penerbit Adab.
- Masita, F., Martha, S., & Fran, F. (2019). Beberapa Sifat Kronecker Product. *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, 8(4), 1–5.
- Milniadi, A. D. & Adiwijaya, N. O. (2023). Analisis Perbandingan Model Arima Dan Lstm Dalam Peramalan Harga Penutupan Saham (Studi Kasus: 6 Kriteria Kategori Saham Menurut Peter Lynch). *SIBATIK JOURNAL: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, Dan Pendidikan*, 2(6), 1683–1692.

- Muhajidin (2019). *“Tafsir Mimpi Raja: Kajian Qs.12:43-49 Dalam Perspektif Hermeneutika Wilhem Dilthey”*. PhD thesis, UIN SYARIF HIDAYATULLAH.
- Muzakki, A. F., Aditama, D., & Anugrah, I. G. (2022). Penerapan Metode Autoregressive Integrated Moving Average Untuk Memprediksi Penggunaan Barang Medis Pada Logistik Medis Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik. *Indexia: Informatics and Computational Intelligent Journal*, 4(1), 1–16.
- Okoh, D. & Okoro, E. (2020). On the relationships between sunspot number and solar radio flux at 10.7 centimeters. *Solar Physics*, 295(1), 1.
- Panjaitan, A. S., Maretha, M. R., Mardhotillah, B., et al. (2023). Optimalisasi Penerapan Metode ARIMA dalam Mengestimasi Harga Emas di Negara Indonesia. *Jurnal Ekonomi Dan Statistik Indonesia*, 3(2), 136–146.
- Paridi (2019). Perbandingan Metode ARIMA (Box Jenkins), ARFIMA, Regresi Spektral dan SSA dalam Peramalan Jumlah Kasus Demam Berdarah Dengue di Rumah Sakit Hasan Sadikin Bandung. *JISIP*, 3(1), 1–19.
- Permata, E., Putri, S., Zukhronah, E., & Susanti, Y. (2023). Model Hibrida Singular Spectrum Analysis (SSA) dan Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) untuk Peramalan Indeks Harga Konsumen. *Seminar Nasional Pendidikan Matematika Ahmad Dahlan*, (pp. 72–81).
- Pham, M.-H., Nguyen, M.-N., & Wu, Y.-K. (2021). A novel short-term load forecasting method by combining the deep learning with singular spectrum analysis. *IEEE Access*, 9, 73736–73746.
- Poongodi, M. & Vijayakumar, V. (2020). Bitcoin Price Prediction Using ARIMA Model Naveen Chilamkurti. 10(4), 396–406.

- Purnama, E. (2022). Aplikasi metode singular spectrum analysis (ssa) pada peramalan curah hujan di provinsi gorontalo. *Jambura Journal of Probability and Statistics*, 3(2), 161–170.
- Rahayu, S., Aswi, A., & Sudding, M. F. (2024). Application of teh hybrid singular spectrum analysis–arima model for indonesia’s inflation rate (2018-2023). *Jurnal Matematika Sains dan Teknologi*, 25(2), 72–91.
- Rahwanda, Putra, Y. S., & Adriat, R. (2022). Pemetaan dan Estimasi Potensi Energi Matahari di Kota Pontianak. *Prisma Fisika*, 10(3), 285–290.
- Rajagukguk, J. R. R. (2022). Atmosfir dan Penerapan Teknologi Biopori dapat Meminimalisir Banjir di Kecamatan Penjaringan di Wilayah Jakarta Utara. *Jurnal Manajemen Teknologi dan Rekayasa*, 1(1), 1–10.
- Rezaldi, D. A. & Sugiman, S. (2021). Peramalan Metode ARIMA Data Saham PT. Telekomunikasi Indonesia. In *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, volume 4 (pp. 611–620).
- Rodríguez, J.-V., Sánchez Carrasco, V. M., Rodríguez-Rodríguez, I., Pérez Aparicio, A. J., & Vaquero, J. M. (2024). Hemispheric Sunspot Number Prediction for Solar Cycles 25 and 26 Using Spectral Analysis and Machine Learning Techniques. *Solar Physics*, 299(8), 1–18.
- Ruhat, D., Andiani, D., & Kamilah, W. N. (2020). Forecasting data runtun waktu musiman menggunakan metode singular spectrum analysis (ssa). *Teorema: Teori dan Riset Matematika*, 5(1), 47–60.
- Santoso, J., Suhardjono, H., & Wattimury, A. (2020). Kajian Nilai Curs Spektrum Warna Terhadap Warna Cahaya Matahari dan Cahaya Buatan untuk Pertumbuhan

Tanaman The Study of Color Spectrum Curs Value Against Sunlight Color and Artificial Light for Plant Growth Pendahuluan Sistem budidaya tanaman konvensional. *Seminar Nasional Magister Agroteknologi Fakultas Pertanian UPN "Veteran" Jawa Timur*, (pp. 11–22).

Sari, H. J. (2018). *Peramalan Bilangan Sunspot Tahun 2018 dengan Menggunakan ARIMA Box-Jenkins*. PhD thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Saucedo, G. M. G., Vallejo, R. S., & Giménez, J. C. M. (2020). Effects of Solar Radiation and an Update On Photoprotection. *Anales de Pediatría (English Edition)*, 92(6), 377e1–377e9.

Saaddin, A., Kaimuddin, A., et al. (2022). Proyeksi produksi padi kabupaten pinrang dengan metode singular spectrum analysis. *Jurnal MSA (Matematika Dan Statistika Serta Aplikasinya)*, 10(1), 100–109.

Sergio, A., Wahyuningsih, S., & Siringoringo, M. (2023). Peramalan Inflasi Kota Balikpapan Menggunakan Metode Singular Spectrum Analysis. *EKSPONENSIAL*, 14(1), 21–30.

Siagian, R. C., Alfari, L., Ahmad, G. N., Laeiq, N., Muhammad, A. C., Nyuswantoro, U. I., & Nasution, B. (2023). Relationship between Solar Flux and Sunspot Activity Using Several Regression Models. *Jurnal Ilmu Fisika — Universitas Andalas*, 15(2), 146–165.

SIDC (2025). Sunspot Number — SIDC — sidc.be. <https://sidc.be/SILSO/datafiles>. [Accessed 18-01-2025].

Silta, Y. N. & Pramudya, Y. (2017). Pengembangan Alat Peraga Bintik Matahari

- Menggunakan LED Berbasis Arduino. *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 2(3), 195–202.
- Sitepu, Q. D. H. B., Sutarman, S., & Siregar, M. A. P. (2024). Metode autoregressive integrated moving average (arima) dalam memprediksi jumlah penumpang kereta api kota binjai. *Jurnal Arjuna: Publikasi Ilmu Pendidikan, Bahasa dan Matematika*, 2(2), 69–85.
- Sodiqin, M. A., Sulandari, W., et al. (2021). The Application of Singular Spectrum Analysis Method in Forecasting The Number of Foreign Tourists Visit to Special Capital Region of Jakarta. *Jurnal Riset Dan Aplikasi Matematika (JRAM)*, 5(2), 92–102.
- Solikhah, T. R., Anggraini, A. D., Dewi, E. K., & Hendratmoko, A. F. (2024). Kajian literatur: Pengaruh badai matahari terhadap struktur perubahan ionosfer dan alternatif meminimalisir efek keberlanjutannya. *MERDEKA: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(4), 152–163.
- Sopwan, N. (2018). Citra Matahari Ekstrim Utara dan Ekstrim Selatan sebagai Pembelajaran Pergerakan Matahari. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (SNF)*, 2(Tabel 1), 33–36.
- Sucahyo, I. F. (2024). Penggunaan metode singular spectrum analysis dalam meramalkan hasil produksi ikan cakalang di provinsi sulawesi tenggara. *Journal of Analytical Research, Statistics and Computation*, 3(2), 61–81.
- Sulistiani, S. & Dani, T. (2019). Prakiraan Flare Sinar-X Matahari Berdasarkan Evolusi Daerah Aktif. *Jurnal Sains Dirgantara*, 16(1), 23–32.
- Suriani, M. et al. (2024). Analisis Peramalan Jumlah Pengangguran Di Provinsi

- Aceh Tahun 2023-2032 Menggunakan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA). *Proximal: Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika*, 7(2), 961–974.
- Susanto, B., Mahatma, T., et al. (2020). Perbandingan metode arima dan jaringan syaraf tiruan untuk peramalan harga beras. *Indonesian Journal of Data and Science*, 1(3), 96–107.
- TafsirWeb (2025). Surat An-Naba Ayat 13 Arab, Latin, Terjemah dan Tafsir — Baca di TafsirWeb — tafsirweb.com. <https://tafsirweb.com/11903-surat-an-naba-ayat-13.html>. [Accessed 26-06-2025].
- Ulinnuha, N. & Farida, Y. (2018). Prediksi Cuaca Kota Surabaya Menggunakan Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Box-Jenkins dan Kalman Filter. *Jurnal Matematika MANTIK*, 4(1), 59–67.
- Utami, H., Sari, Y. W., Subanar, S., Abdurakhman, A., & Gunardi, G. (2019). Peramalan beban listrik daerah istimewa yogyakarta dengan metode singular spectrum analysis (ssa). *Media Statistika*, 12(2), 214–225.
- Wei, W. W. (2006). Univariate and Multivariate methods. *TIME SERIES ANALYSIS*.
- Wenda, P., Tulak, N., & Sinaga, E. S. (2023). Hubungan Sunspot Terhadap Unsur Unsur Iklim di Wilayah Papua. *Jurnal Fisika Papua*, 2(2), 120–123.
- WICI, I. (2015). *Peramalan Harga Saham PT Unilever Tbk. dengan Menggunakan Model ARIMA*. PhD thesis, UPT. Perpustakaan Unand.
- Wijayanti, L. N. & Kartikasari, M. D. (2023). Application of singular spectrum analysis method in forecasting indonesia composite data. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 17(1), 0513–0526.

- Wilujeng, I., Akbar, M. A. A., & Hasyim, F. (2022). Pembelajaran Fisika Berbasis Al Qur'an: Integrasi Konsep Tata Surya dengan Surat Al-Anbiya Ayat 33. In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, volume 4 (pp. 178–185).
- Wulandari, L., Farida, Y., Fanani, A., & Syai'in, M. (2020). Optimization of Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) for Forecasting Indonesia Sharia Stock of Index (ISSI) using Kalman Filter. In *Built Environment, Science and Technology International Conference* (pp. 295–303).
- Yuliawanti, F. D., Novitasari, D. C. R., Widodo, N., Hamid, A., & Utami, W. D. (2021). Penerapan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (Arima) Untuk Prediksi Bilangan Sunspot. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 15(3), 555–564.
- Yuliyanti, R. & 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*, (pp. 16–22).
- Zukhronah, E., Sulandari, W., Permata, E., & Putri, S. (2024). Hybrid Model Of Singular Spectrum Analysis With Autoregressive Integrated Moving Average and Fuzzy Time Series For Indonesian Crude Price Forecasting. 18(3), 1519–1526.