

**PENERAPAN *HYBRID SEASONAL AUTOREGRESSIVE INTEGRATED
MOVING AVERAGE – LONG SHORT TERM MEMORY (SARIMA-LSTM)*
DALAM MERAMALKAN CURAH HUJAN DI BOGOR**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika (S.Mat) pada Program Studi Matematika



Oleh:

Annisa Nur Azizah

1900383

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

2023

LEMBAR HAK CIPTA

**PENERAPAN *HYBRID SEASONAL AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE – LONG SHORT TERM MEMORY (SARIMA-LSTM)*
DALAM MERAMALKAN CURAH HUJAN DI BOGOR**

Oleh:

Annisa Nur Azizah

1900383

Sebuah Skripsi yang Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika
pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Annisa Nur Azizah 2023

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2023

Hak cipta dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan cetak ulang,
fotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

i

Annisa Nur Azizah, 2023

PENERAPAN HYBRID SEASONAL AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE - LONG SHORT TERM MEMORY (SARIMA-LSTM) DALAM MERAMALKAN CURAH HUJAN DI BOGOR
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

LEMBAR PENGESAHAN

ANNISA NUR AZIZAH

*PENERAPAN HYBRID SEASONAL AUTOREGRESSIVE INTEGRATED
MOVING AVERAGE – LONG SHORT TERM MEMORY (SARIMA-LSTM)
DALAM MERAMALKAN CURAH HUJAN DI BOGOR*

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I



Fitriani Agustina, S.Si., M.Si.

NIP. 198108142005012001

Pembimbing II



Dr. Lukman, S.Si., M.Si.

NIP. 196801281994021001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



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

NIP. 198207282005012001

ABSTRAK

Curah hujan merupakan salah satu faktor yang paling berpengaruh bagi kehidupan manusia. Curah hujan yang tinggi menyebabkan terjadinya bencana alam seperti banjir dan longsor. Peramalan curah hujan sangatlah penting untuk mempermudah mengambil keputusan dalam menghadapi keadaan jika terjadi curah hujan tinggi. Model yang sering digunakan dalam peramalan adalah model SARIMA (*Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average*) karena dianggap cukup sederhana. Namun, model SARIMA memiliki kelemahan yaitu hanya mampu menangkap pola data linear. Pada kenyataannya, tidak semua data bersifat linear termasuk curah hujan. Pada penelitian ini dilakukan pemodelan *hybrid* SARIMA dengan jaringan syaraf tiruan LSTM (*Long Short Term Memory*) untuk mengatasi permasalahan data non linear. Pemodelan *hybrid* diharapkan dapat meningkatkan akurasi hasil peramalan. Hasil akhir menunjukkan jika model *hybrid* SARIMA-LSTM memiliki hasil dan nilai ketepatan yang lebih baik dibandingkan dengan model SARIMA.

Kata Kunci: SARIMA, LSTM, MAPE

ABSTRACT

Rainfall is one of the most influential factors for human life. High rainfall causes natural disasters such as floods and landslides. Forecasting rainfall is very important to make it easier to make decisions in dealing with situations in the event of high rainfall. The model that is often used in forecasting is the SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average) model because it is considered quite simple. However, the SARIMA model has the disadvantage of only being able to capture linear data patterns. In fact, not all data is linear including rainfall. In this research, hybrid SARIMA modeling with LSTM (Long Short Term Memory) artificial neural network is conducted to overcome the problem of non-linear data. Hybrid modeling is expected to improve the accuracy of forecasting results. The final results show that the SARIMA-LSTM hybrid model has better results and accuracy values compared to the SARIMA model.

Keywords: SARIMA, LSTM, MAPE

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Peramalan	6
2.2 Runtun Waktu	7
2.2.1 Analisis Runtun Waktu	7
2.2.2 Data Runtun Waktu	8
2.3 Linearitas	9
2.4 Stasioneritas	10
2.5 Fungsi Autokorelasi (FAK) dan Fungsi Autokorelasi Parsial (FAKP) ..	12
2.5.1 Fungsi Autokorelasi (FAK)	12
2.5.2 Fungsi Autokorelasi Parsial (FAKP)	12
2.6 Proses <i>White Noise</i>	13
2.7 Model ARIMA	14
2.8 Model SARIMA	16

2.8.1	Identifikasi Model SARIMA.....	16
2.8.2	Estimasi Parameter.....	17
2.8.3	Uji Signifikansi Parameter.....	19
2.8.4	Uji Diagnostik.....	19
2.9	<i>Recurrent Neural Network</i> (RNN).....	20
2.10	<i>Long Short Term Memory</i> (LSTM).....	21
2.11	Kriteria Pemilihan Model Terbaik.....	24
2.11.1	Akaike's Information Criteria (AIC).....	24
2.11.2	<i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE).....	24
2.11.3	<i>Mean Absolute Error</i> (MAE).....	25
2.12	Curah Hujan.....	25
BAB III METODE PENELITIAN.....		27
3.1	Jenis dan Sumber Data.....	27
3.2	Variabel Penelitian.....	27
3.3	Langkah Analisis.....	27
3.3.1	Uji Linearitas Data.....	27
3.3.2	Pembentukan Model SARIMA.....	27
3.3.3	Pembentukan Model LSTM.....	28
3.3.4	Model <i>Hybrid</i> SARIMA-LSTM.....	28
3.5	Alur Penelitian.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		32
4.1	Uji Linearitas.....	32
4.2	Pembentukan model SARIMA.....	33
4.2.1	Prosedur <i>Input</i> Data dan <i>Split</i> Data.....	33
4.2.2	Identifikasi Data Curah Hujan.....	33
4.2.3	Uji Stasioneritas.....	34
4.2.4	Identifikasi Model SARIMA.....	36
4.2.5	Uji Signifikansi Parameter Model SARIMA.....	38
4.2.6	Uji Diagnostik Model SARIMA.....	39
4.2.7	Pemilihan Model SARIMA Terbaik.....	41
4.3	Pembentukan Model <i>Hybrid</i> SARIMA-LSTM.....	42
4.3.1	Peramalan Residual Model SARIMA Menggunakan LSTM.....	42

4.3.2	Prosedur <i>Input</i> Data dan <i>Split</i> Data.....	42
4.3.3	Normalisasi Residual Model SARIMA	43
4.3.4	Pembentukan Model LSTM.....	43
4.4	Peramalan Model <i>Hybrid</i> SARIMA-LSTM.....	44
BAB V PENUTUP.....		48
5.1	Kesimpulan.....	48
5.2	Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA		50
LAMPIRAN.....		54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pola Data Runtun Waktu.....	9
Gambar 2.2 Arsitektur Recurrent Neural Network.....	21
Gambar 2.3 Arsitektur Long Short Term Memory.....	22
Gambar 3.1 Prosedur Peramalan Hybrid SARIMA-LSTM.....	31
Gambar 4.1 Prosedur Input Data SARIMA.....	33
Gambar 4.2 Prosedur Split Data SARIMA.....	33
Gambar 4.3 Prosedur Plot Data Curah Hujan.....	34
Gambar 4.4 Plot Data Aktual Curah Hujan di Bogor.....	34
Gambar 4.5 Plot Box-Cox.....	35
Gambar 4.6 Plot Box-Cox Transformasi.....	35
Gambar 4.7 Prosedur Plot FAK dan FAKP.....	36
Gambar 4.8 Plot FAK dan FAKP Data Transformasi.....	36
Gambar 4.9 Prosedur Plot Data, FAK Dan FAKP Musiman.....	37
Gambar 4.10 Plot Differencing Musiman $S=12$	37
Gambar 4.11 Prosedur Plot Data, FAK dan FAKP Musiman.....	38
Gambar 4.12 Plot FAK dan FAKP Differencing Musiman.....	38
Gambar 4.13 Prosedur Uji Signifikansi Parameter.....	39
Gambar 4.14 Prosedur Uji Diagnostik Residual.....	40
Gambar 4.15 Prosedur Input Data LSTM.....	42
Gambar 4.16 Prosedur Split Data LSTM.....	42
Gambar 4.17 Prosedur Normalisasi Data.....	43
Gambar 4.18 Prosedur Penentuan Pembentukan Model LSTM.....	43
Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Hasil Peramalan dengan Data Asli.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Transformasi <i>Box-Cox</i>	11
Tabel 2.2 Pola Teoritis FAK dan FAKP Musiman yang Stasioner	17
Tabel 2.3 Kriteria <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE)	25
Tabel 4.1 Uji <i>Terasvirta</i> Data Curah Hujan Bogor.....	32
Tabel 4.2 Hasil Uji Signifikansi Parameter Model SARIMA	39
Tabel 4.3 Hasil Uji Residual <i>White Noise</i> Model SARIMA.....	40
Tabel 4.4 Pemilihan Model SARIMA Terbaik	41
Tabel 4.5 Kombinasi <i>Neuron Hidden Layer</i>	44
Tabel 4.6 Kombinasi Parameter Jumlah <i>Epoch</i>	44
Tabel 4.7 Perbandingan Nilai MAPE dan MAE Model SARIMA dan <i>Hybrid</i> SARIMA-LSTM Pada Data <i>Training</i> dan <i>Testing</i>	45
Tabel 4.8 Peramalan Curah Hujan di Bogor Periode Januari 2022 – Desember 2022.....	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Jumlah Curah Hujan Bogor Pada Januari 1985 Sampai Dengan Desember 2021.....	54
Lampiran 2. Hasil Uji Linearitas dengan <i>Terasvirta</i>	55
Lampiran 3. Hasil Uji Stasioneritas <i>Augmented Dickey-Fuller</i>	55
Lampiran 4. Hasil Uji Signifikansi Parameter Model SARIMA	56
Lampiran 5. <i>Syntax</i> R Studio Model SARIMA.....	60
Lampiran 6. <i>Syntax</i> Python Model LSTM	68

DAFTAR PUSTAKA

- Adib Azka, M., Aditya Sugianto, P., Kurniawan Silitonga, A., Redha Nugraheni, I., Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, S., Perhubungan No, J. I., Pondok Betung, K., Pondok Aren, K., & Selatan, T. (2018). Uji Akurasi Produk Estimasi Curah Hujan Satelit GPM IMERG di Surabaya, Indonesia. Dalam *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca* (Vol. 19, Nomor 2). <https://disc.gsfc.nasa.gov>.
- Adnyani, L. P. W., & Subanar, S. (2015). General Regression Neural Network (GRNN) pada Peramalan Kurs Dolar dan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). *Faktor Exacta*, 8(2), 137–144.
- Aswi, A., & Sukarna, S. (2017). *Analisis Deret Waktu: teori dan aplikasi*. Andira Publisher.
- Badai Sapta Maulana, -. (2022). *Penerapan Model Hybrid Sarimax-Anfis dalam Peramalan Runtun Waktu (Studi Kasus: Inflasi di Indonesia)*. <http://repository.upi.edu>
- Chatfield, C. (2003). *The analysis of time series: an introduction* (6th Edition). Chapman and hall/CRC. <https://doi.org/10.4324/9780203491683>
- Colah. (2015, Agustus 27). *Understanding LSTM Networks*.
- Dani, A. T. R., Wahyuningsih, S., & Rizki, N. A. (2019). Penerapan Hierarchical Clustering Metode Agglomerative pada Data Runtun Waktu. *Jambura Journal of Mathematics*, 1(2), 64–78.
- Firmansyah, M. R., Ilyas, R., & Kasyidi, F. (2020). Klasifikasi Kalimat Ilmiah Menggunakan Recurrent Neural Network. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 11(1), 488–495.
- Fitria, L. (2021, 30 Januari). “BMKG Beberkan Mengapa Bogor Dijuluki Kota Hujan, Ini Alasannya”. *Pojokbogor*. Diakses dari <https://bogor.pojoksatu.id/baca/bmkg-beberkan-mengapa-bogor-dijuluki-kota-hujan-ini-alasannya> pada 31/10/2022
- Gunaryati, A., Fauziah, F., & Andryana, S. (2019). Hybrid Exponential Smoothing Neural Network untuk Peramalan Data Pengguna Pita Lebar di Indonesia. *Jurnal SISKOM-KB (Sistem Komputer dan Kecerdasan Buatan)*, 2(2), 46–51.

- Herawati, S., Raya Telang Po Box, J., & Bangkalan, K. (2016). Peramalan Kunjungan Wisatawan Mancanegara Menggunakan Generalized Regression Neural Networks. *Jurnal Infotel*, 8(1).
- Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural computation*, 9(8), 1735–1780.
- Hutasuhut, A. H., Angraeni, W., & Tyasnurita, R. (2014). Pembuatan Aplikasi Pendukung Keputusan Untuk Peramalan Persediaan BahanBaku Produksi Plastik Blowing dan Inject Menggunakan Metode ARIMA(Autoregressive Integrated Moving Average) Di CV. Asia. *JURNAL TEKNIK POMITS*, Vol. 3, No. 2, A169–A174. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v3i2.8114>
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: principles and practice*. OTexts.
- Julian, R., & Pribadi, M. R. (2021). Peramalan Harga Saham Pertambangan Pada Bursa Efek Indonesia (BEI) Menggunakan Long Short Term Memory (LSTM). *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 8(3). <http://jurnal.mdp.ac.id>
- Kumar, J., Goomer, R., & Singh, A. K. (2018). Long Short Term Memory Recurrent Neural Network (LSTM-RNN) Based Workload Forecasting Model for Cloud Datacenters. *Procedia Computer Science*, 125, 676–682. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.12.087>
- Laia, M. L., & Setyawan, Y. (2020). Perbandingan hasil klasifikasi curah hujan menggunakan metode SVM dan NBC. *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*, 5(02), 51–61.
- Lewis, C. D. (1982). *Industrial and business forecasting methods: A practical guide to exponential smoothing and curve fitting*. Butterworth-Heinemann.
- Lubis, D. A., Johra, M. B., & Darmawan, G. (2017). Peramalan Indeks Harga Konsumen dengan Metode Singular Spectral Analysis (SSA) dan Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA). *Jurnal Matematika "MANTIK"*, 3(2), 74–82. <https://doi.org/10.15642/mantik.2017.3.2.74-82>
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & McGee, V. E. (1999). Metode dan aplikasi peramalan. *Jakarta: Erlangga*.

- Mulyono, D. (2014). Analisis karakteristik curah hujan di wilayah Kabupaten Garut Selatan. *Jurnal Konstruksi*, 12(1).
- Muslim, A. (2017). Peramalan Ekspor Dengan Hibrida Arima-Anfis. *Kajian Ekonomi dan Keuangan*, 1, 127–142. <https://doi.org/10.31685/kek.v1i2.282>
- Nachrowi, D., & Usman, H. (2004). *Teknik Pengambilan Keputusan*. Grasindo.
- Oktaviani, C., & Afdal. (2013). Prediksi Curah Hujan Bulanan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dengan Beberapa Fungsi Pelatihan Backpropagation (Studi Kasus: Stasiun Meteorologi Tabing Padang, Tahun 2001-2012). *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 2, No. 4, 228–237. <https://doi.org/https://doi.org/10.25077/jfu.2.4.%25p.2013>
- Pankratz, A. (2009). *Forecasting with Univariate Box - Jenkins Models: Concepts and Cases*. Wiley.
- Parasyris, A., Alexandrakis, G., Kozyrakis, G. v, Spanoudaki, K., & Kam-Panis, N. A. (2022). *Predicting Climatic Variables on Local Level with SARIMA, LSTM and Hybrid Techniques*. <https://doi.org/10.20944/preprints202205.0147.v1>
- Peirano, R., Kristjanpoller, W., & Minutolo, M. C. (2021). Forecasting inflation in Latin American countries using a SARIMA–LSTM combination. *Soft Computing*, 25(16), 10851–10862. <https://doi.org/10.1007/S00500-021-06016-5/METRICS>
- Petneházi, G. (2018). *Recurrent Neural Networks for Time Series Forecasting*. <http://arxiv.org/abs/1901.00069>
- Pratama, E. G. (2022). *Prediksi Harga Saham Menggunakan Metode Long Short Term Memory (LSTM)*.
- Rahman, A., Darwiyanto, E., & Junaedi, D. (2016). Analisis dan Implementasi Sistem Rekomendasi Pemilihan Vendor untuk Pengadaan Alat Menggunakan Metode Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) dan Fuzzy AHP (Studi Kasus: PT Universal Tekno Reksajaya). *eProceedings of Engineering*, 3(2).
- Restu Wardhani, A., & Manuel Pereira, S. (2010). *Studi Analisis Peramalan dengan Metode Deret Berkala* (Vol. 18, Nomor 2).

- Rizki, M., Basuki, S., & Azhar, Y. (2020). Implementasi Deep Learning Menggunakan Arsitektur Long Short Term Memory Untuk Prediksi Curah Hujan Kota Malang. *REPOSITOR*, 2(3), 331–338.
- Sagheer, A., & Kotb, M. (2019). Time series forecasting of petroleum production using deep LSTM recurrent networks. *Neurocomputing*, 323, 203–213. <https://doi.org/10.1016/J.NEUCOM.2018.09.082>
- Salehinejad, H., Sankar, S., Barfett, J., Colak, E., & Valaee, S. (2017). Recent advances in recurrent neural networks. *arXiv preprint arXiv:1801.01078*.
- Salwa, N., Tatsara, N., Amalia, R., Zohra, A. F., Statistika, P. S., Kuala, S., & Aceh, B. (2018). Peramalan Harga Bitcoin Menggunakan Metode ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average). Dalam *Journal of Data Analysis* (Vol. 1, Nomor 1).
- Soejoeti, Z. (1987). Analisis Runtun Waktu. *Jakarta: Universitas Terbuka*.
- Triyandini, H. (2017). *Peramalan Jumlah Kunjungan Wisata TMII Menggunakan Metode Seasonal ARIMA (SARIMA)*.
- Wei, W. (2006a). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. Pearson Addison Wesley.
- Wei, W. (2006b). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*.
- Wibawa, T. S. (2021). *Pemodelan Hybrid ARIMA-LSTM dalam Meramalkan Harga Saham (Studi Kasus: Harga Penutupan Saham Bank BCA)*. Universitas Brawijaya.
- Wu, D. C. W., Ji, L., He, K., & Tso, K. F. G. (2021). Forecasting Tourist Daily Arrivals With A Hybrid Sarima–Lstm Approach. *Journal of Hospitality and Tourism Research*, 45(1), 52–67. <https://doi.org/10.1177/1096348020934046>