

OPTIMALISASI PREDIKSI CURAH HUJAN DI KABUPATEN KARO MENGGUNAKAN LONG SHORT-TERM MEMORY

Cecilia Br Perangin-angin

Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

e-mail: ceciliabrperanginangin@gmail.com*

Suvriadi Panggabean

Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

e-mail: suvriadi@unimed.ac.id

Abstrak

Penelitian ini membahas optimalisasi prediksi curah hujan di Kabupaten Karo menggunakan metode Long Short-Term Memory (LSTM), sebagai respons terhadap isu ketidakpastian iklim yang berdampak pada sektor pertanian. Tujuan utama dari penelitian ini adalah membangun model prediktif berdasarkan data historis curah hujan bulanan selama periode 1994–2023, serta mengevaluasi akurasi model yang dihasilkan. Data diperoleh dari Google Earth Engine dan dianalisis menggunakan bahasa pemrograman Python. Proses meliputi normalisasi data, pembentukan format time series, pelatihan model LSTM, dan evaluasi menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Hasil menunjukkan bahwa model LSTM dapat memprediksi curah hujan. Prediksi untuk tahun 2024 dan 2025 menunjukkan pola curah hujan yang konsisten dengan data historis. Dengan demikian, model ini memiliki potensi sebagai alat bantu dalam perencanaan pertanian yang berbasis data di wilayah dengan variabilitas iklim tinggi.

Kata Kunci: Curah Hujan, Prediksi, Long Short-Term Memory, Pertanian

Abstract

This study focuses on optimizing rainfall prediction in Karo Regency using the Long Short-Term Memory (LSTM) method, addressing the issue of climate uncertainty affecting the agricultural sector. The main objective is to develop a predictive model based on historical monthly rainfall data from 1994 to 2023 and evaluate its accuracy. Data were obtained from Google Earth Engine and analyzed using Python. The process included data normalization, time series transformation, LSTM model training, and evaluation using Mean Absolute Percentage Error (MAPE). The rainfall predictions for 2024 and 2025 demonstrate consistent patterns with historical trends. Thus, the model presents potential as a decision-support tool for data-driven agricultural planning in regions with high climate variability.

Keywords: Rainfall, Prediction, Long Short-Term Memory, Agriculture consists

PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan salah satu elemen kunci dalam mendukung pertumbuhan ekonomi Indonesia, terutama sebagai penyedia bahan pangan dan sumber utama mata pencaharian bagi masyarakat pedesaan. Di Indonesia, pemanfaatan lahan oleh masyarakat umumnya difokuskan pada sektor pertanian, yang menyerap sekitar 50% dari total tenaga kerja di negara ini (Usaha et al., 2024). Kabupaten Karo, yang terletak di Sumatera Utara, memiliki sektor pertanian yang luas dan beragam, termasuk tanaman pangan, hortikultura, serta Perkebunan (Jayanthi et al., 2018). Hasil pertanian merujuk pada produk yang diperoleh melalui upaya manusia dalam memanfaatkan dan mengelola alam,

berupa bahan pangan maupun ternak (Ginting & Limbong, 2023). Keberhasilan sektor pertanian di daerah ini sangat dipengaruhi oleh faktor cuaca, khususnya curah hujan, yang menentukan pola tanam dan hasil produksi. Cuaca terbentuk dari berbagai unsur, antara lain suhu udara, tekanan udara, kelembaban, laju penguapan, awan, curah hujan, dan angin. Di antara unsur-unsur tersebut, curah hujan merupakan komponen iklim yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem alam. Indonesia sendiri memiliki iklim tropis karena posisinya yang berada di sekitar garis khatulistiwa (Hendra et al., 2021).

Perubahan iklim yang semakin tidak menentu menyebabkan variabilitas curah hujan yang dapat berdampak negatif terhadap produktivitas

pertanian. Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi untuk memprediksi curah hujan menjadi solusi penting dalam mendukung perencanaan pertanian yang lebih efektif dan berkelanjutan (Sahri et al., 2022). Ketidakpastian curah hujan adalah salah satu kendala dalam perencanaan pertanian di Kabupaten Karo. Perubahan pola hujan yang tidak menentu dapat menyebabkan berbagai permasalahan, seperti kekeringan yang menghambat pertumbuhan tanaman atau curah hujan berlebih yang berisiko menimbulkan banjir (Sahri et al., 2022)(Sahri et al., 2022). Kondisi ini tidak hanya mengurangi produktivitas pertanian tetapi juga meningkatkan risiko gagal panen, terutama bagi petani yang masih bergantung pada metode tradisional tanpa sistem irigasi yang memadai. Selain itu, dampak perubahan iklim terhadap pola curah hujan juga berkontribusi pada ketidakseimbangan ekosistem pertanian, termasuk penyebaran hama dan penyakit tanaman yang lebih luas (Rusmayadi et al., 2024). Sehingga, diperlukan strategi mitigasi dan adaptasi yang tepat untuk mengatasi ketidakpastian ini.

Kabupaten Karo memiliki potensi besar dalam sektor pertanian, kehutanan, dan perkebunan, yang menjadi tulang punggung perekonomian daerah. Namun, produktivitas sektor ini masih sangat dipengaruhi oleh faktor cuaca, terutama curah hujan yang sulit diprediksi (Nadi et al., 2024). Studi sebelumnya menunjukkan bahwa curah hujan yang tidak menentu dapat berdampak langsung pada hasil panen, seperti yang terjadi di Kabupaten Malang, di mana curah hujan ekstrem menyebabkan kegagalan panen kopi (Faisal Muhammad, Thoriq Afa, 2023). Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan model prediksi curah hujan berbasis Long Short-Term Memory (LSTM) untuk meningkatkan perencanaan pertanian di Kabupaten Karo. Dengan memanfaatkan teknologi ini, diharapkan petani dapat membuat keputusan yang lebih baik terkait waktu tanam, sistem irigasi, serta mitigasi risiko akibat perubahan cuaca (Bangun, 2018).

KAJIAN TEORI

Curah hujan merupakan faktor lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap sektor pertanian, terutama di daerah dengan sistem pertanian yang bergantung pada air hujan. Kabupaten Karo, yang

memiliki iklim dataran tinggi, mengalami variasi curah hujan yang dapat mempengaruhi produktivitas pertanian secara signifikan (Angel, Dasrizal, 2025). Kabupaten Karo memiliki pola curah hujan yang bervariasi sepanjang tahun. Musim hujan dan musim kemarau yang tidak menentu dapat menjadi tantangan bagi petani dalam menentukan waktu tanam yang tepat (Hasrizart & Nasution, 2022). Fluktuasi curah hujan ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti perubahan iklim dan Anomali iklim global yang dikenal sebagai El Niño dan La Niña (Yustiana et al., 2023). Penelitian yang mengkaji keterkaitan aktivitas El Niño dan La Niña terhadap perubahan tiga pola hujan, yaitu lokal, monsun, dan ekuatorial, secara kuantitatif melalui analisis korelasi antara fenomena ENSO (El Niño-Southern Oscillation) dengan curah hujan bulanan selama periode 1961–1990 di wilayah Maluku dan Papua. Hasil kajian menunjukkan bahwa dalam rentang waktu tersebut, aktivitas El Niño dan La Niña yang tercatat merupakan yang paling intens dalam kurun waktu seratus tahun terakhir (Yustiana et al., 2023). Curah hujan yang berlebihan atau kurang dapat memberikan dampak negatif bagi pertanian yaitu jika curah hujan tinggi, risiko banjir, erosi tanah, serta penyakit tanaman akibat kelembaban berlebih. Jika curah hujan rendah, kekeringan, penurunan produktivitas tanaman, serta meningkatnya kebutuhan irigasi. Jika pola curah hujan tidak menentu, kesulitan dalam menentukan jadwal tanam dan panen, yang dapat menyebabkan kerugian bagi petani (Rusmayadi et al., 2024).

Prediksi adalah suatu proses yang terstruktur untuk memperkirakan kejadian di masa depan berdasarkan data dan informasi yang tersedia pada masa kini maupun masa lalu (Hendra et al., 2021). Prediksi merupakan metode yang digunakan Sebagai pendukung dalam menyusun perencanaan yang terstruktur dan hemat sumber daya. Misalnya dalam peramalan tingkat permintaan dari produk-produk dan peramalan terhadap harga dari sembaku Pada periode tertentu di waktu mendatang (Khusnul Wildan & Subchan Asy'ari, 2023). Prediksi curah hujan ini sangat dibutuhkan oleh petani sebagai informasi penting untuk mengetahui curah hujan pada masa yang akan datang, yang digunakan sebagai pacuan kegiatan di berbagai sektor pertanian (Musfiroh et al., 2023). Sering kali terdapat pola dalam analisis curah hujan, seperti pola musiman

yang berulang secara berkala dalam interval tertentu. Analisis pola musiman berfungsi untuk meningkatkan akurasi prediksi curah hujan. Prediksi menggunakan data historis yang dianalisis dengan pendekatan matematis untuk mempredikasikan kejadian di masa depan (Hafidh Adiyatma Ramadhan^{1*}, 2025). Dalam memprediksi curah hujan banyak penelitian dilakukan karena berbagai aktivitas yang berpengaruh saat terjadinya hujan, baik dalam produksi pertanian, peternakan, perikanan, penerbangan, dan lainnya. Dengan melakukan pemodelan dari curah hujan dan memprediksi curah hujan agar menjaga keselamatan masyarakat yang dilakukan oleh sektor-sektor.

Seiring dengan perkembangan teknologi, pemanfaatan kecerdasan buatan dalam bidang meteorologi semakin meningkat, terutama dalam prediksi curah hujan. Kecerdasan buatan (AI) merupakan suatu teknologi yang memungkinkan sistem komputer atau perangkat digital meniru kemampuan manusia dalam mempelajari sesuatu dan menyelesaikan berbagai tugas (Suranata, 2023). Salah satu metode yang banyak digunakan adalah LSTM, yaitu salah satu bentuk jaringan saraf tiruan, dirancang untuk menangani pola data yang tersusun dalam urutan waktu (Sudriyanto et al., 2024). LSTM mampu mengenali pola dari data historis curah hujan dan menghasilkan prediksi dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode tradisional. Model LSTM dapat memberikan hasil yang lebih presisi dalam memprediksi curah hujan, sehingga berpotensi membantu sektor pertanian dalam mengantisipasi perubahan cuaca yang tidak menentu (Rizki et al., 2020). Dengan demikian, penerapan model LSTM dalam perencanaan pertanian dapat menjadi solusi efektif untuk mengoptimalkan pola tanam dan mengurangi risiko gagal panen akibat kondisi cuaca ekstrem (Tita Lattifia et al., 2022).

LSTM merupakan pengembangan dari RNN yang memiliki kemampuan cukup baik dalam menangani hubungan variabel nonlinear yang tinggi dan dapat mengatasi masalah gradien teruntuk kasus prediksi curah hujan. Namun dikarenakan faktor yang memengaruhi curah hujan sangat kompleks, maka diperlukan reduksi dimensi agar model bekerja lebih optimal (Musfiroh et al., 2023)(Jofipasi et al., 2023). Long Short-Term Memory (LSTM) adalah varian RNN dengan mekanisme gerbang input, forget, dan output yang berfungsi mengatur penyimpanan dan

penghapusan data dalam cell state (Tanjung et al., 2024). Input gate yang menentukan masukan yang kemudian dievaluasi apakah perlu ditambahkan ke cell state atau tidak. Forget gate merupakan yang menentukan informasi pada waktu sebelumnya, haruskah dibuang atau disimpan. Sedangkan output gate yakni gerbang yang menentukan bagaimana hidden state selanjutnya. Keunggulan dari LSTM yaitu mampu mengingat dari sekuens long term (ukuran data) yang sulit didapatkan jika menggunakan teknik fitur tradisional. Dimana LSTM dapat mengukur data yang lebih besar dan menggunakan seluruh informasi yang ada sebagai data masukan (Rizki et al., 2020).

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif dengan pemodelan prediktif berbasis algoritma Long Short-Term Memory (LSTM). Penelitian difokuskan pada prediksi curah hujan bulanan di Kabupaten Karo, Sumatera Utara, dengan menggunakan data historis dari tahun 1994 hingga 2023 yang diperoleh melalui platform Google Earth Engine. Penelitian dilakukan secara daring dan offline menggunakan perangkat komputer dengan Python sebagai perangkat lunak utama.

Proses penelitian diawali dengan pengumpulan data curah hujan, kemudian dilanjutkan dengan preprocessing data berupa normalisasi dan pembagian data menjadi data pelatihan dan pengujian. Setelah itu, dilakukan eksplorasi data untuk memahami pola historis serta pemilihan parameter awal model. Model LSTM kemudian diimplementasikan dan dilatih menggunakan data pelatihan, diikuti dengan proses optimasi berdasarkan hasil evaluasi awal. Proses evaluasi menggunakan metrik Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebagai alat ukur akurasi model.

Nilai prediksi kemudian dibandingkan dengan data aktual mengetahui keakuratan dan keandalan model dalam memprediksi curah hujan masa depan. Dengan rancangan ini, diharapkan model mampu memberikan prediksi yang tepat serta mendukung pengambilan keputusan terkait cuaca di wilayah tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

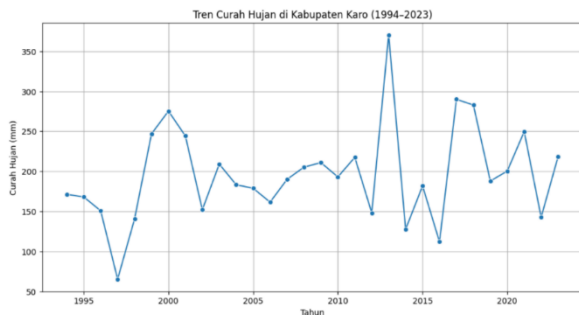
Statistik Deskriptif Curah Hujan

Data curah hujan bulanan di Kabupaten Karo selama periode 1994 hingga 2023 sebanyak 360 data observasi dianalisis secara statistik deskriptif untuk memberikan gambaran umum mengenai pola dan variasi curah hujan.

Tabel 1. Statistik deskriptif curah hujan di kabupaten karo (1994-2023)

Ukuran Statistik	Nilai (mm)
Minimum	60,33
Maksimum	456,50
Kuartil 1 (Q1)	151,56
Kuartil 3 (Q3)	273,26
Median	205,56
Rata-rata	215,16
Simpangan baku	78,73

Adapun pola tren curah hujan tahunan di Kabupaten Karo dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Tren Curah Hujan Tahunan Kabupaten Karo

Hasil menunjukkan adanya variasi yang cukup besar pada nilai curah hujan antar bulan dan tahun, mengindikasikan bahwa Kabupaten Karo memiliki pola curah hujan yang tidak stabil. Variabilitas ini berpotensi menyulitkan dalam perencanaan pertanian.

Normalisasi Dan Transformasi Data Time Series

Untuk keperluan pemodelan dengan LSTM, dilakukan normalisasi menggunakan metode Min-Max Scaler sehingga data berada pada rentang [0,1]. Hal ini penting agar proses pelatihan model tidak bias terhadap nilai-nilai ekstrem. Setelah normalisasi, data diubah ke dalam format time series, di mana 12 bulan sebelumnya digunakan untuk memprediksi 1 bulan ke depan. Pembagian data dilakukan dengan rasio 80% data latih dan 20% data uji.

Arsitektur Model LSTM

Model LSTM yang dikembangkan terdiri atas dua lapisan LSTM dengan masing-masing 100 neuron, dan satu lapisan output Dense. Model ini dirancang untuk mempelajari pola deret waktu dari data historis curah hujan.

```

/usr/local/lib/python3.11/dist-packages/keras/src/layers/rnn/rnn.py:208: UserWarning: Do not pass an 'input_shape'
super().__init__(**kwargs)
Model: "sequential"

```

Layer (type)	Output Shape	Param #
lstm (LSTM)	(None, 12, 100)	40,800
lstm_1 (LSTM)	(None, 100)	80,400
dense (Dense)	(None, 1)	101

Total params: 121,301 (473.83 KB)
Trainable params: 121,301 (473.83 KB)
Non-trainable params: 0 (0.00 B)

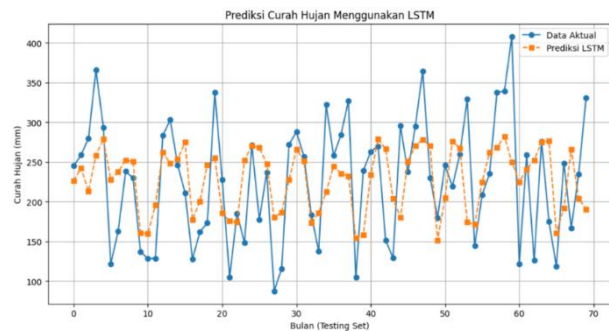
Gambar 2. Arsitektur Model LSTM

Pelatihan Model dan Evaluasi Awal

Model dilatih selama 100 epoch menggunakan data latih. Pada akhir pelatihan, nilai loss sebesar 0,0278 dan val_loss sebesar 0,0292, menunjukkan bahwa model dapat mempelajari data tanpa overfitting yang signifikan.

Evaluasi Model

Dengan nilai MAPE sebesar 29%, model memiliki tingkat kesalahan sedang. Walau belum sangat presisi, hasil ini cukup baik untuk analisis tren dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data.



Gambar 3. Perbandingan Curah Hujan Actual Dan Prediksi (Data Uji)

Hasil Prediksi Curah Hujan Tahun 2024 – 2025

Model yang telah dilatih digunakan untuk memprediksi curah hujan bulanan selama tahun 2024 dan 2025.

Shape Input Prediksi: (1, 12, 1)

1/1		0s 34ms/step
1/1		0s 35ms/step
1/1		0s 35ms/step
1/1		0s 37ms/step
1/1		0s 61ms/step
1/1		0s 53ms/step
1/1		0s 52ms/step
1/1		0s 56ms/step
1/1		0s 55ms/step
1/1		0s 52ms/step
1/1		0s 52ms/step
1/1		0s 62ms/step

Prediksi Curah Hujan Tahun 2024:

Bulan	Prediksi Curah	Hujan (mm)
0 Januari		269.035156
1 Februari		161.027679
2 Maret		220.209366
3 April		182.382309
4 Mei		232.442871
5 Juni		204.546753
6 Juli		169.571960
7 Agustus		198.773895
8 September		199.306702
9 Oktober		255.915131
10 November		272.642303
11 Desember		272.388672

Gambar 4. Prediksi Curah Hujan Tahun 2024

1/1		0s 38ms/step
1/1		0s 36ms/step
1/1		0s 36ms/step
1/1		0s 36ms/step
1/1		0s 37ms/step
1/1		0s 44ms/step
1/1		0s 35ms/step
1/1		0s 36ms/step
1/1		0s 39ms/step
1/1		0s 37ms/step
1/1		0s 40ms/step
1/1		0s 62ms/step

Prediksi Curah Hujan Tahun 2025:

Bulan	Prediksi Curah	Hujan (mm)
0 Januari		209.851334
1 Februari		230.153015
2 Maret		239.727631
3 April		247.124771
4 Mei		244.991119
5 Juni		213.096191
6 Juli		211.629105
7 Agustus		231.317581
8 September		260.158386
9 Oktober		272.264923
10 November		269.963074
11 Desember		248.347122

Prediksi 2025 berhasil disimpan sebagai Excel!

Gambar 5. Prediksi Curah Hujan Tahun 2025

Prediksi menunjukkan pola fluktuatif yang konsisten dengan tren historis. Informasi ini dapat dijadikan acuan dalam perencanaan sistem irigasi dan kalender tanam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model LSTM mampu mengenali pola curah hujan dari data historis dan memprediksi dengan akurasi sedang. Variabilitas yang tinggi pada curah hujan membuat prediksi menjadi tantangan, namun LSTM menunjukkan ketangguhan dalam menangani data deret waktu yang kompleks. Meskipun nilai MAPE belum mencapai tingkat yang optimal, model ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan variabel eksternal seperti suhu, kelembaban, atau fenomena iklim global (misalnya El Niño dan La Niña). Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya (Rizki et al., 2020; Musfiroh et al., 2023) yang menyatakan bahwa LSTM memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan model prediksi konvensional dalam domain

klimatologi. Oleh karena itu, penerapan LSTM dalam bidang pertanian berbasis data memiliki prospek yang menjanjikan untuk mengurangi risiko akibat ketidakpastian cuaca.

PENUTUP

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan model prediksi curah hujan di Kabupaten Karo menggunakan metode Long Short-Term Memory (LSTM) berdasarkan data historis selama 30 tahun, yakni dari tahun 1994 hingga 2023. Hasil analisis menunjukkan bahwa model LSTM mampu mengidentifikasi pola dan tren curah hujan dengan cukup baik, ditunjukkan oleh nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 29%. Nilai ini menunjukkan tingkat akurasi yang cukup layak untuk digunakan dalam analisis tren dan perencanaan, meskipun masih terdapat ruang untuk peningkatan akurasi. Data statistik deskriptif mengungkapkan adanya variasi curah hujan yang cukup besar dari waktu ke waktu, dan model LSTM terbukti mampu menangani variabilitas tersebut melalui struktur jaringan saraf berlapis yang adaptif terhadap data deret waktu.

SARAN

Untuk meningkatkan akurasi prediksi curah hujan, penelitian selanjutnya disarankan menambahkan variabel klimatologis lain seperti suhu, kelembaban, dan angin, serta menggunakan data beresolusi lebih tinggi. Penerapan model hybrid (misalnya LSTM+CNN) dan teknik optimasi seperti Genetic Algorithm juga perlu dipertimbangkan. Pengembangan aplikasi prediksi cuaca yang mudah diakses petani, disertai pelatihan rutin dengan dukungan instansi terkait, akan meningkatkan pemanfaatan teknologi. Selain itu, studi di wilayah lain diperlukan untuk memperluas cakupan dan generalisasi model.

DAFTAR PUSTAKA

- Angel, Dasrizal, and E. J. (2025). Analisis Pengaruh Curah Hujan Terhadap Hasil Pertanian Padi Di Nagari Balimbing Kecamatan Rambatan Kabupaten Tanah Datar. *Indonesian Research Journal on Education*, 5(Dm): 273.
- Bangun, R. H. B. (2018). Analysis Of Potential

- Economic Sector In Development Of Kabupaten Karo. *JKBM (JURNAL KONSEP BISNIS DAN MANAJEMEN)*, 5(1): 39–5.
- Faisal Muhammad, Thoriq Afa, and M. I. I. (2023). Implementasi Long Short-Term Memory (LSTM) Untuk Prediksi Intensitas Curah Hujan (Studi Kasus: Kabupaten Malang). *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 12(1).
- Ginting, E. S. B. B., & Limbong, T. (2023). Sistem Informasi Hasil Pertanian Kecamatan Barusjahe Berbasis Website Menggunakan Metode Waterfall. *SNISTIK: Seminar Nasional Inovasi Sains Teknologi Informasi Komputer*, 1(1), 111–122.
- Hafidh Adiyatma Ramadhan^{1*}, I. V. P. (2025). PREDIKSI CURAH HUJAN MENGGUNAKAN METODE ARIMA. *Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 12(1), 314–328.
- Hasrizart, I., & Nasution, A. S. (2022). Potensi hasil pertanian Kaban Jahe di Kecamatan Kaban Jahe Kabupaten Karo. *Jurnal Derma Pengabdian Dosen Perguruan Tinggi (Jurnal DEPUTI)*, 2(2), 106–110.
<https://doi.org/10.54123/deputi.v2i2.183>
- Hendra, Y., Mukhtar, H., Baidarus, B., & Hafsari, R. (2021). Prediksi Curah hujan di Kota Pekanbaru Menggunakan ISTM (Long Short Term Memory). *Journal of Software Engineering and Information Systems*, 3(2), 74–81.
<https://doi.org/10.37859/seis.v3i2.5606>
- Jayanthi, S., Widhiastuti, R., & Jumilawaty, E. (2018). Komposisi Komunitas Cacing Tanah Pada Lahan Pertanian Organik Dan Anorganik Di Desa Raya Kecamatan Berastagi Kabupaten Karo. *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi Dan Kependidikan*, 2(1), 1.
<https://doi.org/10.22373/biotik.v2i1.228>
- Jofipasi, S. A., Admi Salma, Dodi Vionanda, & Dina Fitria. (2023). Prediction Of Bogor City Rainfall Parameters Using Long Short Term Memory (LSTM). *UNP Journal of Statistics and Data Science*, 1(5), 434–440.
<https://doi.org/10.24036/ujsds/vol1-iss5/110>
- Khusnul Wildan, & Subchan Asy'ari. (2023). Penentuan Metode Peramalan (Forecasting) Pada Permintaan Penjualan Di Cv. Lia Tirta Jaya Prigen. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(11), 4077–4088.
<https://doi.org/10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v2i11.6107>
- Musfiroh, M., Novitasari, D. C. R., Intan, P. K., & Wisnawa, G. G. (2023). Penerapan Metode Principal Component Analysis (PCA) dan Long Short-Term Memory (LSTM) dalam Memprediksi Prediksi Curah Hujan Harian. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, 5(1), 1–11.
<https://doi.org/10.47065/bits.v5i1.3114>
- Nadi, N. I., Halid, A., & Mustafa, R. (2024). Analisis risiko produksi dan pendapatan usahatani jagung di desa dulamayo utara kecamatan telaga biru kabupaten gorontalo. 105.
- Rizki, M., Basuki, S., & Azhar, Y. (2020). Implementasi Deep Learning Menggunakan Arsitektur Long Short Term Memory(LSTM) Untuk Prediksi Curah Hujan Kota Malang. *Jurnal Repositor*, 2(3), 331–338.
<https://doi.org/10.22219/repositor.v2i3.470>
- Rusmayadi, G., Edddy, S., Abidin, Z., Anripa, N., Rubijantoro, S., & Wilson, J. S. (2024). Analisis Dampak Perubahan Iklim Terhadap Produktivitas Tanaman Pangan. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, 7(3), 9488–9495.
- Sahri, R. J., Hidayah, N., Fadhilah, N., Fuadi, A., Abidin, I., Hannifa, W., & Wulandari, S. (2022). Tanaman Pangan Sebagai Sumber Pendapatan Petani Di Kabupaten Karo. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 2(10), 3223–3230.
- Sudriyanto, S., Faidd, M., Malik, K., & Supriadi, A. (2024). Evaluasi Model Jaringan Saraf Tiruan Berbasis LSTM dalam Memprediksi Fluktuasi Harga Bitcoin. *Jurnal Advanced Research Informatika*, 2(2), 15–22.
<https://doi.org/10.24929/jars.v2i2.3398>
- Suranata, I. W. A. (2023). Pengembangan Model Prediksi Curah Hujan di Kota Denpasar Menggunakan Metode LSTM dan GRU. *Jurnal Sistem Dan Informatika (JSI)*, 18(1), 64–73.
<https://doi.org/10.30864/jsi.v18i1.603>
- Tanjung, R., Listiani, A., & Lestari, F. (2024). *Prediksi Multivariate Time Series Parameter Cuaca Menggunakan Long Short - Term Memory (LSTM)*. 2024(November 2022), 445–456.
- Tita Lattifia, Putu Wira Buana, & NI Kadek Dwi Rusjyanthi. (2022). Model Prediksi Cuaca Menggunakan Metode LSTM. *JITTER-Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Komputer*, 3(1).
- Usaha, A., Wortel, T., Bpp, L. D. I., Siburian, F., Marpaung, P. H. P., & Sitepu, A. (2024). BARUSJAHE DESA SUKANALU DINAS PERTANIAN KABUPATEN KARO Analysis of Carrot (*Daucus Carota L.*) Farming Business at BPP Barusjahe Sukanalu Village Agriculture Office Karo District. 8(2), 93–99.
- Yustiana, M., Zainuri, M., Sugianto, D. N., Batubara, M. P. N., & Hidayat, A. M. (2023). Dampak Variabilitas Iklim Inter-Annual (El Niño, La Niña) Terhadap Curah Hujan dan Anomali Tinggi Muka Laut di Pantai Utara Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*, 12(1), 109–124.
<https://doi.org/10.14710/buloma.v12i1.48377>