
1. Pendahuluan

Latar Belakang

Prediksi cuaca memiliki peranan penting dan dampak yang signifikan dalam kehidupan sehari-hari. Informasi mengenai curah hujan sangat krusial bagi berbagai sektor seperti pertanian, transportasi, dan industri [1]. Prediksi curah hujan umumnya dilakukan dengan memanfaatkan data historis. Berbagai algoritma *machine learning* telah dikembangkan dalam upaya memprediksi curah hujan dengan memanfaatkan sejumlah variabel meteorologi seperti suhu maksimum, suhu minimum, kelembapan relatif maksimum, kelembapan relatif minimum, kecepatan angin, paparan sinar matahari, dan tingkat evapotranspirasi [2]. Dalam dua tahun terakhir, Indonesia mengalami rata-rata curah hujan sebesar 2.898 mm/tahun pada 2022 dan 1.562,6 mm/tahun pada 2023, yang menunjukkan adanya penurunan signifikan. Selain itu, pada tahun 2023, curah hujan di Indonesia bersifat sangat ekstrem dan tidak menentu. Berdasarkan pantauan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), curah hujan dengan kategori menengah tercatat terjadi pada 74,20% wilayah yang terdampak [3]. Kondisi ini menegaskan pentingnya upaya untuk melakukan prediksi curah hujan yang lebih akurat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memprediksi curah hujan di masa mendatang menggunakan metode *Long Short-Term Memory* (LSTM) dan *Recurrent Neural Network* (RNN) berbasis waktu.

Untuk mengatasi keterbatasan metode konvensional yang sulit memodelkan pola nonlinier dan hubungan jangka panjang pada data deret waktu, berbagai pendekatan machine learning berbasis deep learning telah banyak dikembangkan. Long Short-Term Memory (LSTM) dan Recurrent Neural Network (RNN) merupakan dua arsitektur jaringan saraf yang dirancang khusus untuk menangani data berurutan dengan ketergantungan temporal yang kompleks. LSTM memiliki keunggulan dalam mengatasi masalah vanishing gradient sehingga efektif dalam mempelajari pola musiman dan fluktuasi curah hujan, sedangkan RNN menawarkan arsitektur lebih sederhana dengan kinerja kompetitif [4].

Sejumlah penelitian telah menguji efektivitas metode prediksi berbasis kecerdasan buatan dalam konteks curah hujan di Indonesia. Penelitian menggunakan metode Fuzzy Time Series menunjukkan fleksibilitas dalam menangani ketidakpastian data dengan hasil prediksi yang relevan untuk estimasi curah hujan di masa mendatang [5]. Studi lain mengenai prediksi curah hujan di Kota Bandung menggunakan metode LSTM berhasil mencapai akurasi yang baik dengan nilai RMSE pada data latih sebesar 12,24 dan pada data uji sebesar 8,86 [6]. Selain itu, penelitian yang membandingkan kinerja LSTM dan GRU menemukan bahwa model LSTM dengan pembagian data latih dan uji 70:30 menghasilkan performa terbaik dalam skenario prediksi curah hujan [7]. Temuan-temuan tersebut mendukung pemanfaatan model deep learning untuk meningkatkan akurasi prediksi curah hujan di wilayah tropis.

Maka dari itu penelitian ini secara khusus memprediksi curah hujan di wilayah Pulau Jawa untuk periode 2025 hingga 2028 dengan memanfaatkan data curah hujan bulanan dari tahun 2021 hingga 2024. Sehingga dapat diharapkan penelitian ini dapat berguna untuk memperkirakan curah hujan yang akan datang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini telah banyak diuji pada berbagai studi sebelumnya, salah satunya adalah metode LSTM. LSTM merupakan salah satu arsitektur dari Jaringan Saraf Rekurensial (*Recurrent Neural Network* atau RNN). LSTM dirancang untuk memproses data secara berurutan (*sequential*), sehingga sangat sesuai untuk pemodelan data yang bersifat deret waktu (*time series*) [8]. LSTM mempertahankan informasi di dalam unit kontrol yang terpisah dari aliran utama dalam RNN. Meskipun memiliki struktur rantai yang mirip dengan RNN, perbedaannya terletak pada struktur modul pengulangan yang dimilikinya [9]. Sementara itu, RNN memiliki keunggulan dalam kemampuannya mengolah data deret waktu. RNN merupakan jenis arsitektur dari Jaringan Saraf yang secara berulang memproses data input, yang sering kali berupa data berurutan [10]. Model Jaringan Saraf Rekurensial (RNN) memiliki karakteristik khusus, yaitu mampu menyimpan 7 informasi dalam struktur jaringannya karena setidaknya memiliki satu *loop* umpan balik. Salah satu keunggulan dari model Jaringan Saraf dalam algoritma prediktif adalah kemampuannya untuk memprediksi data deret waktu yang bersifat non linier [11].

Topik dan Batasannya

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana melakukan perbandingan kinerja antara model *Recurrent Neural Network* (RNN) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) dalam memprediksi curah hujan bulanan di wilayah Pulau Jawa. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi tingkat akurasi serta efisiensi komputasi dari masing-masing model dalam konteks pembangunan sistem prediksi berbasis data deret waktu. Selain itu, perumusan masalah juga mencakup analisis terhadap sebaran spasial hasil prediksi curah hujan untuk periode tahun 2025 hingga 2028, serta menelaah sejauh mana informasi yang dihasilkan dapat memberikan kontribusi bagi perencanaan di sektor pertanian, pengelolaan sumber daya air, dan upaya mitigasi risiko bencana di wilayah Pulau Jawa.

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah penggunaan dataset curah hujan dalam bentuk data bulanan yang terdiri dari enam fitur per observasi. Data yang digunakan mencakup 27 stasiun pengamatan curah hujan di Pulau Jawa dengan total keseluruhan 1.296 data. Batasan ini ditetapkan untuk memastikan fokus penelitian pada pemodelan deret waktu multivariat dengan cakupan spasial terbatas, serta untuk menyesuaikan pendekatan pemrosesan dan evaluasi model dengan karakteristik data yang tersedia.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan model Recurrent Neural Network (RNN) dan Long Short-Term Memory (LSTM) dalam rangka memprediksi curah hujan bulanan di wilayah Pulau Jawa. Melalui penerapan kedua metode berbasis deep learning tersebut, penelitian ini akan membandingkan performa RNN dan LSTM berdasarkan metrik evaluasi yang relevan untuk menilai tingkat akurasi dan keandalan prediksi. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memetakan hasil prediksi sebaran curah hujan pada skala spasial di Pulau Jawa untuk periode 2025 hingga 2028, sehingga diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih komprehensif bagi perencanaan sektor pertanian, pengelolaan sumber daya air, dan mitigasi risiko bencana.

Organisasi Tulisan

Bagian selanjutnya pada penelitian ini adalah bagian 2 yang memaparkan studi terkait dengan mengkaji hasil-hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan topik. Bagian 3 menjelaskan secara rinci sistem yang telah dibangun. Selanjutnya, pada bagian 4 disajikan evaluasi terhadap hasil pengujian model. Terakhir, bagian 5 menyimpulkan temuan penelitian serta memberikan saran dan rekomendasi untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.