

INSTISARI

Perubahan iklim global merupakan fenomena kompleks yang memengaruhi setiap aspek kehidupan di bumi, mulai dari perubahan pola cuaca hingga pergeseran ekosistem. Salah satu dampak signifikan dari perubahan iklim adalah peristiwa *El Nino-Southern Oscillation* (ENSO), yang terdiri dari dua fase, yaitu El Nino dan La Nina. Peristiwa ini ditandai oleh fluktuasi suhu permukaan laut di Samudra Pasifik dan interaksi kompleks dengan atmosfer. Fenomena ini berimplikasi pada kejadian iklim ekstrem, seperti banjir, kekeringan, badai, dan perubahan pola curah hujan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemodelan prediksi ENSO berdasarkan metoda spasio-temporal LSTM dengan tingkat ketelitian yang baik sebagai upaya mitigasi risiko bencana dan penyesuaian terhadap perubahan iklim.

Penelitian ini menganalisis dua lokasi berbeda dengan skala yang berbeda, yaitu global dan lokal (Indonesia) untuk data dengan atribut spasial, yakni *average monthly precipitation*. Dalam penelitian ini, diaplikasikan metode prediksi *neural network*, yaitu *Long Short-Term Memory* (LSTM) berbasis pemrograman Python. Data yang digunakan meliputi data *Southern Oscillation Index* (SOI) sebagai indeks yang merepresentasikan nilai ENSO, data *Oceanic Nino Index* (ONI), *Pacific North America* (PNA), Indeks Nino 3.4, dan *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP). Teknik pengolahan data dilakukan dengan analisis statistik korelasi Pearson untuk mendapatkan nilai korelasi setiap parameter dengan data SOI, prediksi menggunakan metode sequential model LSTM, serta perhitungan ketelitian menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan R^2 . Analisis data dilakukan dengan analisis deskriptif dan analisis spasio-temporal.

Penelitian ini menghasilkan beberapa keluaran, yaitu korelasi data indeks iklim terhadap ENSO, parameter model LSTM terbaik, dan prediksi ENSO untuk setiap *epoch* (bulan) dalam jangka waktu tertentu. Analisis korelasi menunjukkan bahwa parameter ONI merupakan yang paling optimal dengan korelasi negatif tinggi antara SOI dan ONI ($R^2 = -0,7493$). Selanjutnya didapatkan korelasi negatif sedang untuk *global monthly precipitation* ($R^2 = -0,5494$), korelasi positif lemah untuk *local monthly precipitation* ($R^2 = 0,4556$), korelasi negatif lemah untuk PNA ($R^2 = -0,1136$), dan korelasi positif lemah untuk Nino 3.4 ($R^2 = 0,2185$). Model terbaik didapatkan dengan melakukan *hyperparameter tuning*, yaitu pengaturan nilai parameter model, dan didapatkan parameter terbaik yaitu *learning rate* = 0,0100, *epoch* = 150, *batch size* = 10, dan *timestep* = 10. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa ketelitian model cukup baik dengan nilai RMSE = 0,2794 dan $R^2 = 0,9233$. Selain itu, analisis residual menunjukkan bahwa nilai residu negatif maksimum sebesar -0,696 dan nilai residu positif maksimum sebesar 0,757 dengan frekuensi nilai residu pada interval -0,1 hingga 0,1. Berdasarkan hasil ketelitian model dan analisis residual, didapatkan kesimpulan bahwa metode spasio-temporal LSTM dapat melakukan prediksi ENSO berdasarkan data indeks iklim dengan baik.

Kata Kunci: ENSO, Indeks Iklim, *Long Short-Term Memory* (LSTM), *Neural Network*, Spasio-Temporal

ABSTRACT

Global climate change is a complex phenomenon that affects every aspect of life on earth, from changing weather patterns to shifting ecosystems. One significant impact of climate change is the El Nino-Southern Oscillation (ENSO) event, which consists of two phases, El Nino and La Nina. This event is characterized by fluctuations in sea surface temperatures in the Pacific Ocean and complex interactions with the atmosphere. This phenomenon has implications for extreme climate events, such as floods, droughts, storms, and changes in rainfall patterns. Therefore, this research aims to carry out ENSO prediction modeling based on the LSTM spasio-temporal method with a good level of accuracy as an effort to mitigate disaster risks and adapt to climate change.

This research analyzes two different locations with different scales, namely global and local (Indonesia) for data with spatial attributes, namely Monthly Mean Precipitation. In this research, a Neural network prediction method, namely Long Short-Term Memory (LSTM) based on Python programming is applied. The data used includes Southern Oscillation Index (SOI) data as an index that represents ENSO values, Oceanic Nino Index (ONI) data, Pacific North America (PNA), Nino 3.4 Index, and Monthly Precipitation. Data processing techniques are carried out with Pearson correlation statistical analysis to obtain the correlation value of each parameter with SOI data, prediction using the LSTM sequential model method, and calculation of accuracy using Root Mean Square Error (RMSE) and R^2 . Data analysis is done with descriptive analysis and spasio-temporal analysis.

This research produces several outputs, namely the correlation of climate index data to ENSO, the best LSTM model parameters, and ENSO predictions for each epoch (month) within a certain period. Correlation analysis shows that the ONI parameter is the most optimal with a high negative correlation between SOI and ONI ($R^2 = -0.7493$). Furthermore, a moderate negative correlation was obtained for Global Monthly Precipitation ($R^2 = -0.5494$), a weak positive correlation for Local Monthly Precipitation ($R^2 = 0.4556$), a weak negative correlation for PNA ($R^2 = -0.1136$), and a weak positive correlation for Nino 3.4 ($R^2 = 0.2185$). The best model is obtained by performing hyperparameter tuning, which is setting the value of the model parameters, and the best parameters are Learning rate = 0.0100, epoch = 150, batch size = 10, and timestep = 10. The results of this study show that the accuracy of the model is quite good with the value of RMSE = 0.2794 and $R^2 = 0.9233$. In addition, residual analysis shows that the maximum negative residual value is -0.696 and the maximum positive residual value is 0.757 with the frequency of residual values in the interval -0.1 to 0.1. Based on the results of model accuracy and residual analysis, it was concluded that the LSTM spasio-temporal method can predict ENSO based on climate index data well.

Keywords: Climate Index, ENSO, Long Short-Term Memory (LSTM), Neural Network, Spatio-Temporal