

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim yang semakin pesat dan tidak menentu menyebabkan peningkatan frekuensi dan intensitas cuaca ekstrem di Indonesia. Cuaca ekstrem seperti hujan lebat, suhu tinggi, dan angin kencang sering kali berdampak negatif pada sektor pertanian, kesehatan, dan infrastruktur. Indonesia, sebagai negara dengan iklim tropis, mengalami cuaca yang sangat variatif dan sering kali tidak dapat diklasifikasi dengan baik. Hal ini menyebabkan masyarakat kesulitan merencanakan aktivitas mereka. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nurlatifah et al. (2023), cuaca ekstrem di wilayah Indonesia semakin meningkat akibat pemanasan global, terutama peningkatan frekuensi hujan lebat yang dapat menyebabkan banjir bandang dan kerusakan infrastruktur yang signifikan. (Nurlatifah et al., 2023)

Hujan lebat menjadi salah satu fenomena cuaca ekstrem yang sering kali menimbulkan kerugian besar. Di Indonesia, fenomena ini dapat menyebabkan banjir, longsor, dan kerusakan pada sektor pertanian. Penelitian yang dilakukan oleh Sudirman (2023) mengungkapkan bahwa peningkatan curah hujan ekstrem memiliki dampak yang besar terhadap ketahanan pangan dan kesehatan masyarakat, yang diakibatkan oleh kerusakan tanaman akibat banjir dan kualitas air yang tercemar. Suhu yang meningkat menyebabkan ketidakstabilan dalam siklus hujan yang dapat memperburuk dampak dari curah hujan yang tinggi (Tingkat et al., 2021)

Selain curah hujan, fenomena cuaca ekstrem lainnya adalah suhu tinggi atau gelombang panas yang sering terjadi di Indonesia. Kenaikan suhu yang signifikan dapat menyebabkan kemarau panjang yang berpengaruh pada ketersediaan air dan gagal panen pada sektor pertanian. Rahmawati et al. (2021) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa suhu yang tinggi akibat fenomena El Niño berperan besar dalam menyebabkan kekeringan dan gangguan pada sektor pertanian, terutama di wilayah yang tergantung pada sumber daya air yang terbatas. Penelitian ini menekankan pentingnya model prediksi suhu ekstrem untuk mengatasi dampak negatif dari gelombang panas yang dapat memperburuk ketahanan pangan di Indonesia (N. P. Putri & Saputro, 2025)

Di sisi lain, angin kencang juga menjadi salah satu aspek cuaca ekstrem yang

harus diwaspadai. Angin kencang, terutama yang disebabkan oleh fenomena badai tropis, dapat merusak infrastruktur dan menyebabkan kerusakan tanaman. Suryani & Amalia (2020) menyatakan bahwa kecepatan angin yang tinggi sering kali berhubungan dengan cuaca ekstrem lainnya, seperti hujan lebat dan badai. Kecepatan angin yang tinggi dapat mempengaruhi distribusi curah hujan dan meningkatkan potensi terjadinya bencana alam yang lebih parah, seperti banjir dan tanah longsor di daerah yang terpapar langsung oleh badai tropis (Sarwade et al., 2024)

Oleh karena itu, untuk mengklasifikasi cuaca ekstrem secara lebih tepat, model prediksi cuaca ekstrem yang menggunakan teknologi deep learning seperti Long Short-Term Memory (LSTM) menjadi solusi yang sangat relevan. LSTM adalah jenis Recurrent Neural Network (RNN) yang memiliki kemampuan untuk memproses data sekuensial dan mempelajari pola jangka panjang dalam data. Dengan kemampuan temporal yang dimilikinya, LSTM dapat menangkap hubungan antar data cuaca yang berubah-ubah seiring waktu, yang sangat penting dalam prediksi cuaca ekstrem yang dipengaruhi oleh faktor cuaca sebelumnya (Hochreiter & Schmidhuber, 1997). Dalam konteks ini, LSTM diterapkan untuk klasifikasi cuaca ekstrem berdasarkan data cuaca yang telah dikumpulkan dari Automatic Weather Station (AWS) yang mencakup suhu, curah hujan, dan kecepatan angin.

Perubahan kondisi atmosfer yang semakin dinamis meningkatkan potensi terjadinya cuaca ekstrem di berbagai wilayah Indonesia. Cuaca ekstrem merupakan kondisi cuaca yang menyimpang secara signifikan dari pola rata-rata dan dapat menimbulkan dampak terhadap keselamatan serta aktivitas masyarakat. Kejadian seperti hujan lebat, angin kencang, dan peningkatan suhu udara yang tidak biasa sering kali menimbulkan gangguan pada sektor transportasi, perikanan, pertanian, hingga infrastruktur. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) menetapkan kriteria operasional untuk mengidentifikasi cuaca ekstrem. Hujan dengan intensitas ≥ 50 mm per 24 jam, angin dengan kecepatan lebih dari 25 knot (sekitar 45 km/jam), serta suhu udara yang menyimpang $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dari kondisi normal wilayah termasuk dalam kategori cuaca ekstrem

. Penetapan ambang batas ini menjadi dasar dalam sistem peringatan dini dan pelaporan kejadian cuaca ekstrem. Berdasarkan laporan Meteorha–Buletin Stasiun Meteorologi

Raja Haji Abdullah edisi Februari 2023, tercatat adanya kejadian angin kencang yang melebihi 25 knot di wilayah. Informasi ini menunjukkan bahwa parameter ambang batas tersebut bukan sekadar konsep teoritis, tetapi benar-benar digunakan dalam praktik operasional meteorologi. Keberadaan ambang batas yang jelas memungkinkan data cuaca yang diperoleh dari Automatic Weather Station (AWS) dimanfaatkan untuk mengklasifikasikan kondisi cuaca secara sistematis. Dengan dasar kriteria BMKG tersebut, penelitian ini mengembangkan model klasifikasi berbasis Long Short-Term Memory (LSTM) untuk mengelompokkan kondisi cuaca ke dalam kategori Normal, Sedang, dan Ekstrem secara terstruktur dan berbasis data. BMKG. (2023)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan arsitektur *Long Short-Term Memory* (LSTM) dalam mengklasifikasikan kondisi cuaca mingguan ke dalam kategori Normal, Sedang, dan Ekstrem berdasarkan data dari Automatic Weather Station (AWS)?
2. Bagaimana tingkat kinerja model LSTM dalam mengklasifikasikan kondisi cuaca berdasarkan ambang batas operasional BMKG?
3. Bagaimana hasil evaluasi model LSTM berdasarkan metrik Accuracy, Precision, Recall, dan F1-Score dalam menilai performa sistem klasifikasi cuaca ekstrem?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan dan mengimplementasikan model klasifikasi cuaca berbasis arsitektur Long Short-Term Memory (LSTM) menggunakan data Automatic Weather Station (AWS) untuk mengelompokkan kondisi cuaca mingguan ke dalam kategori Normal, Sedang, dan Ekstrem berdasarkan ambang batas operasional Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG).

2. Menganalisis tingkat kinerja model LSTM dalam mengklasifikasikan kondisi cuaca dengan membandingkan hasil prediksi terhadap label aktual yang ditentukan berdasarkan kriteria BMKG.
3. Mengevaluasi performa model klasifikasi menggunakan metrik Accuracy, Precision, Recall, dan F1-Score untuk mengetahui tingkat ketepatan dan konsistensi sistem dalam mendeteksi kondisi cuaca ekstrem.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Membangun dan menerapkan arsitektur *Long Short-Term Memory* (LSTM) untuk mengklasifikasikan kondisi cuaca mingguan ke dalam kategori Normal, Sedang, dan Ekstrem berdasarkan data dari Automatic Weather Station (AWS).
2. Menganalisis kinerja model LSTM dalam mengklasifikasikan kondisi cuaca berdasarkan ambang batas operasional BMKG.
3. Mengevaluasi performa model klasifikasi menggunakan metrik Accuracy, Precision, Recall, dan F1-Score untuk menilai tingkat keandalan sistem dalam mengidentifikasi kondisi cuaca ekstrem.

1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan merupakan data meteorologi yang diperoleh dari *Automatic Weather Station* (AWS) di Kabupaten Subang, Jawa Barat. Penelitian ini tidak mencakup wilayah lain di Indonesia.
2. Variabel yang dianalisis terbatas pada curah hujan, suhu udara, dan kecepatan angin. Variabel meteorologi lain seperti kelembapan, tekanan udara, radiasi matahari, dan parameter lingkungan lainnya tidak termasuk dalam analisis.
3. Data yang digunakan diolah dalam skala harian dan selanjutnya diagregasi menjadi skala mingguan untuk keperluan klasifikasi.
4. Klasifikasi kondisi cuaca didasarkan pada ambang batas operasional Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), yaitu curah hujan ≥ 50 mm/24 jam, kecepatan angin $> 12,86$ m/s, serta peningkatan suhu $\geq 3^{\circ}\text{C}$ dibandingkan rata-rata bulanan setempat.

5. Penelitian ini berfokus pada klasifikasi kondisi cuaca ke dalam tiga kategori, yaitu Normal, Sedang, dan Ekstrem menggunakan model *Long Short-Term Memory* (LSTM)

1.6 Kebaharuan

Kebaharuan penelitian ini terletak pada pengembangan sistem klasifikasi kondisi cuaca mingguan berbasis ambang batas operasional Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) menggunakan model *Long Short-Term Memory* (LSTM). Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya berfokus pada peramalan nilai curah hujan atau suhu secara kuantitatif, penelitian ini menekankan pada klasifikasi kondisi cuaca ke dalam tiga kategori, yaitu Normal, Sedang, dan Ekstrem.

Sebagian penelitian terdahulu menggunakan pendekatan statistik atau model deep learning untuk memprediksi nilai numerik parameter cuaca. Sementara itu, penelitian ini mengintegrasikan ambang batas operasional meteorologi sebagai dasar pelabelan sehingga sistem yang dikembangkan lebih selaras dengan standar identifikasi cuaca ekstrem yang digunakan dalam praktik operasional.

Selain itu, penelitian ini menggunakan agregasi data harian ke skala mingguan untuk menangkap pola temporal menengah yang relevan terhadap dinamika cuaca ekstrem. Model LSTM dibangun dengan pendekatan sekuens waktu delapan minggu untuk mempelajari hubungan antar-periode pengamatan, sehingga mampu menghasilkan klasifikasi berbasis pola temporal, bukan hanya berdasarkan nilai tunggal pada satu waktu tertentu.

Dengan pendekatan tersebut, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem klasifikasi cuaca berbasis data time series yang terstruktur, operasional, dan selaras dengan standar meteorologi nasional.