

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Cuaca memainkan peran krusial dalam berbagai sektor kehidupan manusia seperti pertanian, transportasi, energi, dan kesehatan. Dinamika variabel cuaca seperti kenaikan suhu, peningkatan intensitas curah hujan, dan kecepatan angin memiliki dampak signifikan terhadap aktivitas manusia dan keseimbangan ekosistem (Evoundou Gigi Norgie et al., 2024). Dalam beberapa dekade terakhir, fenomena perubahan iklim global telah menyebabkan ketidakpastian yang semakin besar dalam pola cuaca, yang berujung pada meningkatnya frekuensi dan intensitas peristiwa cuaca ekstrem (Newman & Noy, 2022). Perubahan suhu global, peningkatan emisi gas rumah kaca, dan pergeseran pola atmosfer telah berkontribusi terhadap perubahan distribusi serta perilaku fenomena cuaca di berbagai wilayah, termasuk Indonesia.

Wilayah-wilayah dengan intensitas curah hujan tinggi dan tingkat kerentanan geologis yang signifikan sering kali menghadapi dampak serius dari cuaca ekstrem, seperti banjir, longsor, dan gangguan terhadap infrastruktur dan aktivitas ekonomi. Cuaca ekstrem ini tidak hanya menimbulkan kerugian ekonomi, tetapi juga mengancam keselamatan jiwa penduduk (Bhowmik et al., 2021; Peden et al., 2023). Oleh karena itu, pengembangan model peramalan cuaca yang akurat sangat penting sebagai dasar peringatan dini dan menjadi alternatif dalam upaya mitigasi risiko bencana.

Pendekatan *deep learning* telah berkembang pesat dalam berbagai bidang, termasuk peramalan cuaca. Salah satu keunggulan utama *deep learning* adalah kemampuannya dalam mengenali pola tersembunyi dalam data *time series* cuaca. Penelitian yang dilakukan oleh (Gaol et al., 2024) mengimplementasikan model *deep learning* berbasis LSTM untuk peramalan curah hujan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan kinerja yang baik dengan nilai RMSE sebesar 86,3. Perbandingan model LSTM, CNN, dan RNN dalam peramalan cuaca untuk mengetahui model yang paling optimal telah dilakukan oleh (Alam et al., 2024) di mana LSTM mengungguli CNN dan RNN dengan nilai AUC tertinggi sebesar 0.999. Di sisi lain, penelitian yang dilakukan oleh (Furizal et al., 2024) membandingkan model LSTM dan GRU dalam peramalan suhu udara, di mana ditemukan bahwa GRU lebih unggul dengan RMSE berkisar 2,00. Meskipun demikian, GRU memiliki keterbatasan dalam menangani tugas-tugas yang memerlukan pemodelan ketergantungan jangka panjang yang kompleks atau pola sekuensial yang rumit (Al-Selwi et al., 2023). Selain itu, GRU juga lebih rentan terhadap masalah *overfitting*, terutama pada dataset kecil. Sebaliknya, LSTM memiliki keunggulan dalam mempelajari ketergantungan jangka panjang serta pola temporal yang kompleks dalam data dengan memanfaatkan mekanisme *gating*, yang berfungsi untuk mengontrol aliran informasi secara efektif (Sushanth et al., 2024). Berdasarkan temuan-temuan tersebut, penelitian oleh (Furizal et al., 2024) merekomendasikan pengembangan model *hybrid* yang menggabungkan keunggulan GRU dan LSTM untuk meningkatkan akurasi peramalan dan mengurangi masalah *overfitting*, serta untuk memanfaatkan kemampuan kedua

model dalam menangani ketergantungan jangka panjang dan pola sekuensial yang kompleks

Berdasarkan seluruh persoalan tersebut, penelitian ini akan mengidentifikasi dua *gap* utama. Pertama, *gap* terkait perlunya pembangunan model *hybrid* LSTM-GRU untuk menggabungkan keunggulan kedua arsitektur. Kedua, *gap* terkait pengembangan model *multioutput* yang secara spesifik menggunakan variabel-variabel yang berpengaruh terhadap terjadinya potensi cuaca ekstrem. Maka dari itu, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan efektivitas sistem peringatan dini cuaca ekstrem yang dapat diadaptasi secara lebih luas di berbagai wilayah.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Penelitian ini berfokus pada rumusan masalah yang dispesifikasikan dalam bentuk pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan peramalan cuaca *multioutput* menggunakan model *hybrid* GRU-LSTM?
2. Bagaimana analisis performa model *hybrid* GRU-LSTM *multioutput* dalam peramalan cuaca?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini memiliki tujuan yang ditentukan secara spesifik sesuai dengan rumusan masalah yang telah dirumuskan sebagai berikut:

1. Menghasilkan peramalan cuaca *multioutput* yang terdiri dari variabel suhu minimum, suhu maksimum, curah hujan, dan kecepatan angin maksimum menggunakan model *hybrid* GRU-LSTM.
2. Menganalisis performa model *hybrid* GRU-LSTM berbasis *multioutput* dalam peramalan cuaca menggunakan metrik evaluasi kuantitatif.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini ditentukan secara spesifik menjadi beberapa poin sebagai berikut:

1. Bagi akademisi, penelitian ini memberikan alternatif dalam pengembangan model peramalan cuaca *multioutput* menggunakan model *hybrid* GRU-LSTM.
2. Bagi praktisi, hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk mendukung sistem peringatan dini terhadap potensi cuaca ekstrem dengan model peramalan cuaca yang lebih akurat.

#### 1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini menetapkan batasan-batasan masalah supaya mengarahkan penelitian ke arah yang lebih spesifik. Berikut adalah rincian batasan-batasan yang ditetapkan dalam penelitian ini:

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data cuaca harian dari Stasiun Klimatologi Jawa Barat Bogor yang bersumber dari situs resmi Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Data yang digunakan

adalah data dengan rentang waktu dari 1 Juli 2020 sampai 7 Juli 2024 sebanyak 1467 baris.

2. Ruang lingkup penelitian ini terbatas hanya pada beberapa variabel meteorologi yang memengaruhi dinamika cuaca ekstrem yaitu suhu minimum, suhu maksimum, curah hujan, dan kecepatan angin.
3. Model yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah model *hybrid* GRU-LSTM untuk peramalan cuaca *multioutput*.
4. Evaluasi performa model dalam penelitian ini akan menggunakan beberapa metrik evaluasi yakni *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Squared Error* (MSE), dan *Root Mean Squared Error* (RMSE).

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini mencakup uraian isi dari setiap bab yang disusun secara runtut dan terstruktur sebagai berikut:

### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

### BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi teori-teori dasar yang mendukung penelitian, seperti kosep, metode, dan algoritma yang digunakan.

### BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian, meliputi tahapan teknis dan prosedur yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian.

#### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil yang diperoleh dari proses penelitian serta pembahasan yang berkaitan dengan temuan tersebut.

#### BAB V KESIMPULAN

Bab ini memuat kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya.