

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cuaca adalah fenomena atmosfer yang berpengaruh besar terhadap kehidupan manusia, terutama di negara tropis seperti Indonesia. Sebagai negara yang terletak di garis khatulistiwa, Indonesia mengalami variasi cuaca yang dinamis, mulai dari cerah, berawan, hingga hujan deras. Jakarta, meskipun terletak di dataran rendah, sering mengalami cuaca ekstrem seperti hujan lebat dan gelombang panas, yang dapat mengganggu sektor-sektor seperti pertanian, perikanan, transportasi, dan pariwisata. Oleh karena itu, informasi cuaca yang akurat sangat penting untuk merencanakan kegiatan dan mengantisipasi dampak buruk cuaca. Menurut WCC (World Climate Conference), cuaca adalah keadaan atmosfer yang diukur secara menyeluruh dengan mempertimbangkan perubahan dan perkembangan fenomena udara (Luthfiarta, Febriyanto, Lestiawan, & Wicaksono, 2020). Faktor-faktor seperti suhu udara, tekanan udara, kelembapan, dan curah hujan memengaruhi cuaca, sementara fenomena El Niño dan La Niña juga berperan penting dalam menentukan pola curah hujan di Indonesia.

Sebagai salah satu wilayah metropolitan terbesar di Indonesia, Jakarta mengalami cuaca yang dinamis dan sering berubah. Hujan deras yang tiba-tiba dapat menyebabkan banjir, sementara periode kering panjang sering memicu gelombang panas. Perkembangan perkotaan yang pesat, degradasi lingkungan, dan perubahan iklim global berkontribusi pada fluktuasi cuaca yang signifikan di Jakarta. Menurut Mustofa dan Setiawan (2024), perubahan pola hujan, temperatur, dan kelembapan udara akibat perubahan iklim dapat memberikan dampak signifikan, termasuk peningkatan risiko banjir dan ancaman terhadap sektor pertanian. Oleh karena itu, sistem prediksi cuaca yang akurat sangat dibutuhkan, baik untuk masyarakat maupun sektor industri. Sistem prediksi cuaca berbasis pembelajaran mesin (machine learning) dan pembelajaran mendalam (deep learning) kini semakin penting karena mampu mengenali pola kompleks dalam data cuaca untuk menghasilkan prediksi yang lebih akurat.

Penggunaan machine learning dalam prediksi cuaca tidak hanya terbatas pada curah hujan, tetapi juga parameter cuaca lainnya yang bersifat time series (Carnegie & Chairani, 2023). Deep learning, khususnya Long Short-Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU), banyak digunakan untuk memprediksi parameter cuaca dengan akurat. LSTM efektif dalam menangani data deret waktu kompleks, meskipun membutuhkan sumber daya komputasi lebih besar, sedangkan GRU lebih efisien untuk set data yang lebih kecil (Suranata, 2023). Keduanya mengatasi masalah *vanishing gradient* pada Recurrent Neural Network (RNN) dan dapat memproses hubungan temporal jangka panjang. Selain itu, metode ini juga membantu memahami keterkaitan antarparameter cuaca, seperti bagaimana suhu memengaruhi curah hujan, yang dapat memperbaiki kualitas prediksi cuaca (Carnegie & Chairani, 2023).

Meskipun BMKG telah mengembangkan model prediksi cuaca, akurasi prediksi masih menjadi tantangan besar, terutama dalam memprediksi perubahan cuaca. Pakar di BMKG menganggap akurasi prediksi cuaca masih kurang, sehingga penelitian terus dilakukan untuk memilih metode yang dapat meningkatkan akurasi (Insani, Fadilah, Jasril, & Sanjaya, 2020). Untuk itu, teknik deep learning seperti LSTM dan GRU banyak digunakan, karena selain mampu mengenali pola data historis yang kompleks, keduanya juga dapat menganalisis hubungan antarparameter cuaca. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keterkaitan antarparameter cuaca di Jakarta Utara dan Jakarta Pusat menggunakan metode LSTM dan GRU untuk memahami pola cuaca lebih mendalam.

Penelitian oleh Firdaus dan Paputungan (2022) dalam “Prediksi Curah Hujan di Kota Bandung Menggunakan Metode Long Short Term Memory” menunjukkan bahwa metode LSTM menghasilkan akurasi yang baik dalam memprediksi curah hujan di Kota Bandung, dengan nilai RMSE sebesar 12,24 untuk data latih dan 8,86 untuk data uji. Penelitian ini menggunakan data curah hujan sebagai satu-satunya variabel input untuk membangun model prediksi. Penelitian serupa dilakukan di Kabupaten Malang oleh Freecenta, Puspaningrum, dan Maulana (2022) dalam “Prediksi Curah Hujan di Kab. Malang Menggunakan

LSTM (Long Short Term Memory)” yang menunjukkan bahwa suatu skenario dengan 2 layer LSTM memberikan hasil terbaik dengan nilai RMSE sebesar 10,16. Di Kota Pekanbaru, penelitian oleh Hendra, Mukhtar, Baidarus, dan Hafsari (2023) dalam “Prediksi Curah Hujan di Kota Pekanbaru Menggunakan LSTM (Long Short Term Memory)” melaporkan RMSE sebesar 21,328 untuk data latih dan 454,901 untuk data uji, dengan hanya menggunakan data curah hujan. Sementara itu, penelitian di Kota Surabaya oleh Badriyah, Fariza, dan Harsono (2022) dalam “Prediksi Curah Hujan Menggunakan Long Short Term Memory” membandingkan kinerja LSTM, GRU, dan RNN dan menunjukkan bahwa LSTM memiliki performa terbaik dengan nilai MSE sebesar 0,489 dibandingkan dengan GRU dan RNN. Semua penelitian ini menunjukkan bahwa metode LSTM efektif dalam memprediksi curah hujan meskipun hanya menggunakan data curah hujan sebagai input.

Beberapa penelitian juga membandingkan kinerja metode LSTM dengan GRU. Menurut Carnegie dan Chairani (2023) dalam “Perbandingan Long Short Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU) Untuk Memprediksi Curah Hujan”, meskipun LSTM sering memberikan akurasi lebih tinggi, GRU mampu menghasilkan hasil yang kompetitif dengan waktu pelatihan yang lebih cepat. Penelitian oleh Suranata (2023) dalam “Pengembangan Model Prediksi Curah Hujan di Kota Denpasar Menggunakan Metode LSTM dan GRU” menunjukkan bahwa LSTM lebih unggul dalam memprediksi curah hujan di Kota Denpasar, dengan nilai RMSE sebesar 8,853, MAE 4,090, dan MSE 78,383, sedangkan GRU menghasilkan RMSE 9,698, MAE 4,291, dan MSE 94,058. Penelitian ini menekankan pentingnya mempertimbangkan kompleksitas pola curah hujan dan hubungan temporal dalam pengembangan model prediksi yang lebih akurat, meskipun hasilnya mungkin terbatas pada daerah dengan karakteristik iklim serupa.

Secara keseluruhan, penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode LSTM dan GRU dapat meningkatkan akurasi prediksi cuaca, terutama dengan mempertimbangkan lebih banyak parameter. Menurut Purwanti, Putra, dan

Irayani (2024), kelembapan udara dipengaruhi oleh suhu udara, tekanan udara, dan pergerakan angin, yang mendukung ide bahwa parameter cuaca saling berkaitan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keterkaitan antara multiparameter cuaca, seperti suhu udara, kelembapan udara, curah hujan, dan kecepatan angin, serta dampaknya terhadap akurasi prediksi cuaca di Jakarta Utara dan Jakarta Pusat. Data cuaca historis dari BMKG akan digunakan untuk membangun model prediksi untuk masing-masing parameter, dengan tujuan menganalisis akurasi antarmodel prediksi. Metode LSTM dan GRU dipilih karena keduanya efektif menangani data deret waktu dan mengatasi masalah *vanishing gradient*. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan teknologi prediksi cuaca yang lebih akurat dan adaptif.

Dengan mempertimbangkan data fakta, hasil penelitian terdahulu, dan permasalahan yang belum terselesaikan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam kemajuan teknologi prediksi cuaca, khususnya dalam konteks keterkaitan antarparameter cuaca di Jakarta Utara dan Jakarta Pusat. Dengan menggunakan metode LSTM dan GRU, penelitian ini tidak hanya akan menghasilkan prediksi yang lebih akurat untuk setiap parameter cuaca, tetapi juga memberikan pemahaman lebih mendalam tentang hubungan antarparameter cuaca yang dinamis. Pengembangan model prediksi yang mempertimbangkan interaksi antarparameter diharapkan dapat meningkatkan ketahanan masyarakat terhadap perubahan cuaca ekstrem, serta memberikan manfaat praktis bagi sektor-sektor seperti pertanian, perikanan, transportasi, dan pariwisata.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, terdapat beberapa permasalahan utama yang dapat diidentifikasi terkait prediksi parameter cuaca di wilayah Jakarta Utara dan Jakarta Pusat:

1. Cuaca dinamis di Jakarta yang sering menyebabkan banjir dan gelombang panas menunjukkan perlunya pemahaman tentang keterkaitan antarparameter cuaca untuk meningkatkan akurasi prediksi.
2. Meskipun Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) telah mengembangkan model prediksi cuaca, akurasi prediksi masih menjadi tantangan.
3. Data cuaca bersifat deret waktu (time series) dengan pola yang kompleks dan saling berkaitan, sehingga metode tradisional kurang memadai dan dibutuhkan pendekatan modern seperti Long Short-Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU).
4. Perbandingan performa LSTM dan GRU untuk prediksi parameter cuaca di Jakarta Utara dan Jakarta Pusat belum diteliti secara spesifik.
5. Pemodelan keterkaitan antarparameter cuaca dapat memberikan wawasan lebih mendalam untuk meningkatkan ketahanan masyarakat dalam menghadapi perubahan cuaca ekstrem.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dijabarkan, terdapat beberapa pertanyaan utama yang akan menjadi fokus dalam penelitian ini:

1. Bagaimana keterkaitan antarparameter cuaca, seperti suhu udara, kelembapan udara, curah hujan, dan kecepatan angin, yang memengaruhi akurasi prediksi cuaca di Jakarta Utara dan Jakarta Pusat?
2. Bagaimana perbandingan kinerja metode Long Short-Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU) dalam memprediksi setiap parameter cuaca di Jakarta Utara dan Jakarta Pusat?
3. Apa saja faktor-faktor yang memengaruhi akurasi prediksi cuaca ketika menggunakan LSTM dan GRU dalam memodelkan parameter cuaca yang bersifat deret waktu (time series)?
4. Model prediksi mana yang memberikan hasil paling akurat untuk setiap parameter cuaca, antara LSTM dan GRU, berdasarkan data historis cuaca dari BMKG?

5. Apa dampak dari pemodelan keterkaitan antarparameter cuaca terhadap ketahanan masyarakat Jakarta Utara dan Jakarta Pusat dalam menghadapi perubahan cuaca ekstrem?

1.4 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang telah dijabarkan, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis keterkaitan antarparameter cuaca, yaitu suhu udara, kelembapan udara, curah hujan, dan kecepatan angin, dalam konteks wilayah Jakarta Utara dan Jakarta Pusat.
2. Mengembangkan model prediksi terpisah untuk setiap parameter cuaca (curah hujan, suhu udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin) dengan memanfaatkan multiparameter cuaca sebagai input menggunakan metode Long Short-Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU).
3. Membandingkan performa model LSTM dan GRU dalam memprediksi setiap parameter cuaca, serta mengevaluasi dampak masing-masing parameter cuaca terhadap akurasi prediksi.
4. Mengidentifikasi model prediksi mana yang menghasilkan akurasi terbaik untuk setiap parameter cuaca di antara LSTM dan GRU.
5. Memberikan kontribusi dalam meningkatkan akurasi prediksi cuaca melalui pemodelan keterkaitan antarparameter cuaca, yang diharapkan dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dalam menghadapi perubahan cuaca di Jakarta Utara dan Jakarta Pusat.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa batasan yang perlu diperhatikan agar ruang lingkup dan fokus penelitian tetap terarah dan sesuai dengan tujuan yang telah dirumuskan:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada analisis keterkaitan dan prediksi antarparameter cuaca yang meliputi suhu udara, kelembapan udara, curah hujan, dan kecepatan angin di wilayah Jakarta Utara dan Jakarta Pusat.

2. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data historis cuaca yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), dan dibatasi pada periode waktu tertentu sesuai ketersediaan dan relevansi data untuk penelitian ini.
3. Penelitian ini mengembangkan model prediksi terpisah untuk masing-masing parameter cuaca (suhu udara, kelembapan udara, curah hujan, dan kecepatan angin) dengan menggunakan metode Long Short-Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU) sebagai teknik pembelajaran mendalam (deep learning).
4. Penelitian ini tidak mempertimbangkan pengaruh faktor eksternal lain yang mungkin memengaruhi hasil prediksi cuaca, seperti topografi wilayah, aktivitas manusia, perubahan iklim global, atau dampak lingkungan lainnya. Fokus penelitian dibatasi pada penggunaan data cuaca yang tersedia dari BMKG.
5. Hasil prediksi dalam penelitian ini hanya diterapkan dan divalidasi untuk wilayah perkotaan yang spesifik, yaitu Jakarta Utara dan Jakarta Pusat, sehingga hasilnya mungkin tidak berlaku untuk wilayah dengan karakteristik geografis dan iklim yang berbeda.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat signifikan dalam bidang meteorologi dan teknologi prediksi cuaca. Manfaat penelitian ini terdiri dari manfaat teoritis dan praktis yang relevan dengan pengembangan ilmu pengetahuan dan penerapan solusi yang lebih efektif dalam prediksi cuaca. Manfaat tersebut dijabarkan sebagai berikut:

1.6.1 Manfaat Teoritis

1. Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya literatur ilmiah dalam bidang meteorologi dan pembelajaran mendalam (deep learning), terutama dalam penerapan metode Long Short-Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU) untuk memodelkan keterkaitan antarparameter cuaca seperti suhu udara, kelembapan udara, curah hujan, dan kecepatan angin.

2. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi penting bagi studi-studi mendatang yang berfokus pada pengembangan model prediksi cuaca dengan pendekatan serupa, khususnya dalam penggunaan multiparameter sebagai input prediksi terpisah.
3. Dengan mengembangkan model prediksi cuaca yang lebih terperinci dan akurat, penelitian ini berkontribusi pada peningkatan pemahaman terkait dinamika antarparameter cuaca di wilayah perkotaan seperti Jakarta, yang kompleks dan penuh tantangan.
4. Penelitian ini juga diharapkan membuka ruang penelitian lanjutan yang lebih spesifik, baik di bidang meteorologi, ilmu data, maupun teknologi prediksi, sehingga memperluas cakupan dan aplikasi metode deep learning di berbagai sektor.

1.6.2 Manfaat Praktis

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan akurasi prediksi cuaca, sehingga membantu masyarakat di Jakarta Utara dan Jakarta Pusat lebih siap menghadapi perubahan cuaca, terutama cuaca ekstrem. Prediksi cuaca yang lebih akurat akan mendukung persiapan yang lebih baik, sehingga mengurangi potensi kerugian materiil dan dampak sosial yang disebabkan oleh cuaca ekstrem seperti banjir atau hujan lebat.
2. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan instansi pemerintah terkait lainnya dapat menggunakan hasil dari penelitian ini untuk meningkatkan kualitas prediksi cuaca yang mereka keluarkan. Dengan demikian, prediksi yang lebih akurat dan relevan untuk wilayah Jakarta Utara dan Jakarta Pusat dapat memberikan peringatan dini yang lebih efektif kepada masyarakat, serta mengurangi risiko kerugian akibat bencana cuaca.
3. Penelitian ini dapat bermanfaat bagi sektor usaha yang sangat bergantung pada kondisi cuaca, seperti sektor pertanian, perikanan, transportasi, dan pariwisata. Prediksi cuaca yang lebih akurat akan memungkinkan pengelolaan operasi yang lebih baik dan pengambilan keputusan yang lebih efektif, sehingga mengoptimalkan efisiensi operasional dan meningkatkan produktivitas usaha.

4. Peneliti dan pengembang teknologi prediksi cuaca dapat memanfaatkan hasil penelitian ini untuk mengembangkan solusi prediksi cuaca yang lebih baik dan terintegrasi. Model prediksi yang dihasilkan dapat digunakan sebagai dasar untuk menciptakan aplikasi prediksi cuaca yang lebih akurat dan komprehensif yang dapat diakses oleh masyarakat luas.

