

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Curah hujan merupakan salah satu komponen penting dalam sistem iklim yang menggambarkan jumlah air yang jatuh ke permukaan bumi dalam periode tertentu, baik berupa hujan, salju, embun, maupun es. Intensitas curah hujan yang tinggi dapat memberikan dampak signifikan terhadap kondisi lingkungan dan kehidupan masyarakat [1]. Salah satu dampak yang paling sering terjadi adalah banjir, yaitu fenomena meluapnya air ke daratan akibat kapasitas saluran air atau sistem drainase yang tidak mampu menampung volume air hujan [2]. Peristiwa banjir tidak hanya menyebabkan kerusakan infrastruktur, tetapi juga berdampak pada aspek sosial, ekonomi, dan kesehatan masyarakat [3].

Berdasarkan laporan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) tahun 2023, sebagian besar wilayah Indonesia mengalami curah hujan dengan intensitas tinggi sepanjang tahun, terutama pada musim penghujan. Penelitian oleh [1], menjelaskan bahwa curah hujan yang tinggi dapat meningkatkan risiko terjadinya bencana banjir. Salah satu wilayah yang terdampak secara signifikan adalah Kota Medan di Provinsi Sumatera Utara. Berdasarkan data Pemerintah Kota Medan tahun 2022, terdapat 2.575 titik genangan air di seluruh wilayah kota, dengan 617 titik di antaranya belum tertangani dengan baik. Hal ini disebabkan oleh curah hujan bulanan di Kota Medan mencapai rata-rata 291,2 mm, dengan puncak tertinggi sebesar 513,6 mm pada tahun 2022 yang menyebabkan banjir di sembilan kecamatan dan berdampak pada 1.843 kepala keluarga [4].

Curah hujan di Kota Medan memiliki karakteristik musiman dengan pola hujan ekuatorial dan intensitas curah hujan yang relatif tinggi sepanjang tahun [5]. Penelitian oleh [5], menambahkan bahwa curah hujan di wilayah Kota Medan bagian Utara memiliki pola distribusi hujan yang cenderung sama pada beberapa stasiun pengamatan, menunjukkan intensitas hujan tinggi dalam durasi relatif singkat yang berpotensi menyebabkan banjir. Penelitian oleh [4], menjelaskan bahwa Kota Medan memiliki curah hujan yang cukup tinggi dan merupakan wilayah dataran rendah sehingga memiliki potensi banjir yang cukup besar. Hal ini didukung oleh penelitian [6], yang menjelaskan bahwa Kota Medan termasuk daerah dengan tingkat kerentanan banjir yang tinggi akibat intensitas curah hujan yang fluktuatif (naik dan turun dari waktu ke waktu) sepanjang tahun. Faktor yang menyebabkan curah

hujan di Kota Medan cenderung tidak menentu dan memiliki intensitas yang berubah-ubah yaitu terjadinya perubahan iklim dan faktor atmosfer [2].

Meskipun berbagai upaya teknis telah dilakukan pemerintah daerah, seperti peningkatan kapasitas drainase dan pengelolaan aliran air. Namun, permasalahan banjir masih terjadi setiap tahunnya. Hal ini terjadi karena meningkatnya curah hujan musiman, keterbatasan infrastruktur, serta belum tersedianya sistem prediksi curah hujan yang akurat dan berjangka panjang [7]. Informasi prakiraan cuaca dari BMKG umumnya hanya mencakup jangka harian atau mingguan, sehingga belum memadai untuk mendukung strategi mitigasi jangka panjang. Hal ini menyebabkan terlambatnya peringatan dini terhadap potensi banjir, dan masyarakat kesulitan mempersiapkan langkah antisipasi [8]. Penelitian oleh [2] dan [4], menjelaskan bahwa dibutuhkan sistem prediksi curah hujan untuk mendukung perencanaan mitigasi banjir.

Dengan karakteristik curah hujan yang memiliki pola musiman, fluktuasi tinggi, serta perubahan pola yang tidak stabil dari waktu ke waktu membutuhkan data historis yang konsisten dan memiliki rentang waktu yang panjang agar proses peramalan *Time Series* dapat dilakukan dengan baik. Salah satu data historis yang memiliki cakupan data yang panjang serta memiliki kelengkapan data yaitu dataset *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data* (CHIRPS) [9]. Penelitian oleh [9], menjelaskan bahwa CHIRPS merupakan dataset curah hujan dari satelit yang menyediakan data curah hujan harian jangka panjang sejak tahun 1981 hingga mendekati waktu saat ini, serta banyak digunakan dalam penelitian klimatologi dan hidrologi untuk mengatasi keterbatasan data observasi stasiun hujan. Penelitian lain oleh [10], menjelaskan bahwa dataset curah hujan dari satelit seperti CHIRPS dapat mendukung analisis hidrologi, mitigasi bencana, dan pemodelan iklim, terutama pada wilayah dengan keterbatasan jaringan observasi darat. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa CHIRPS termasuk salah satu dataset curah hujan satelit yang paling banyak digunakan dalam penelitian peramalan curah hujan, karena menggabungkan data satelit dan observasi stasiun sehingga mampu memberikan performa yang lebih baik dibandingkan estimasi dari satelit saja.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pendekatan konvensional memiliki keterbatasan dalam menangkap hubungan non-linear dan pola musiman yang kompleks pada data curah hujan. Seperti penelitian oleh [4] menggunakan metode *Singular Spectrum Analysis* (SSA) memperoleh nilai MAPE sebesar 15,5%. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa, meskipun cukup akurat tetapi metode ini memiliki keterbatasan dalam mengenali hubungan non-linear dan perubahan pola hujan musiman. Penelitian lain

oleh [11], menjelaskan bahwa model ARIMA (1,0,3) hanya menghasilkan akurasi R^2 sebesar 0.78 untuk data bulanan dan 0.52 untuk data tahunan, serta memiliki keterbatasan dalam menangkap fluktuasi curah hujan di Malaysia. Selain itu, penelitian oleh [12] yang menggunakan metode *Fuzzy Time Series* (Chen dan Markov Chain) memperoleh hasil MAPE masing-masing 1,20% dan 1,01%. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa model ini cenderung memiliki keterbatasan mempelajari pola data dari waktu ke waktu dan non-linear pada data curah hujan di Kota Medan. Penelitian lain oleh [13], menjelaskan bahwa data curah hujan dan *runoff* menunjukkan karakteristik non-linear serta faktor tren jangka panjang yang tidak dapat dimodelkan secara efektif oleh metode statistik seperti ARIMA. Penelitian tersebut menambahkan bahwa model *Long Short-Term Memory* (LSTM) mampu mengenali fluktuasi acak dan pola data yang kompleks, yang menghasilkan nilai (MAE = 1.29, RMSE = 2.14, R^2 = 0.986). Selain itu, penelitian oleh [14] melakukan prediksi curah hujan menggunakan beberapa pendekatan *machine learning* serta menjelaskan bahwa data curah hujan memiliki karakteristik non-linear, pola musiman yang kompleks, hingga fluktuasi data yang sulit dimodelkan menggunakan metode konvensional. Penelitian tersebut juga menjelaskan bahwa, model *deep learning* seperti LSTM mampu menangkap hubungan jangka panjang data dan pola non-linear lebih efektif dibandingkan model tradisional, sehingga menghasilkan performa prediksi yang lebih baik pada data curah hujan.

Sebaliknya, penelitian yang menggunakan model *Time Series* dengan pendekatan *machine learning* dan *deep learning* menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam hubungan non-linear dan pola musiman yang kompleks. Seperti penelitian oleh [15], menjelaskan bahwa model *Prophet* mampu menangkap pola musiman curah hujan dan menunjukkan performa prediksi lebih baik pada data bulanan di wilayah Jakarta, dengan nilai MSE dan RMSE lebih rendah dibandingkan SARIMA. Penelitian oleh [16], membandingkan model *Prophet* dan ARIMA untuk sistem prediksi banjir yang memanfaatkan IoT di Sungai Melaka Malaysia. Hasilnya menunjukkan bahwa *Prophet* menghasilkan MAPE 6,41% lebih baik dibandingkan ARIMA yang mencapai MAPE 6,77%. Penelitian oleh [17], menjelaskan bahwa *Prophet* lebih baik dalam menangkap pola musiman dan tren jangka panjang, sehingga dapat digunakan untuk mendukung sistem mitigasi bencana dengan memanfaatkan prediksi iklim di wilayah rawan bencana. Penelitian lain oleh [18] menggunakan model LSTM untuk prediksi curah hujan di Semarang dan memperoleh nilai RMSE terbaik sebesar 4,37, penelitian tersebut menjelaskan bahwa model LSTM dapat mengenali pola hujan yang fluktuatif dan tidak stasioner. Kemudian, penelitian oleh [19] menerapkan model LSTM untuk memprediksi curah hujan dan debit air Sungai Jagir di Surabaya, dengan hasil MAE

0,041 dan RMSE 0,091, penelitian tersebut menjelaskan bahwa model LSTM dapat mempelajari hubungan pola data dan non-linear dengan akurasi tinggi.

Berdasarkan hasil dari berbagai penelitian tersebut, menunjukkan bahwa model *Prophet* dan LSTM dapat digunakan untuk menangkap hubungan non-linear dan pola musiman yang kompleks pada data curah hujan. Oleh karena itu, penelitian ini akan membandingkan 2 (dua) model yaitu *Prophet* dan LSTM untuk melakukan prediksi curah hujan Kota Medan. Pemilihan perbandingan model *Prophet* dan LSTM dalam penelitian ini didasarkan pada kemampuan kedua model dalam menangani karakteristik data *Time Series* yang memiliki pola tren, musiman, dan hubungan non-linear. Penelitian oleh [20], menjelaskan bahwa model *Prophet* dinilai sesuai untuk data *Time Series* yang memiliki pola musiman yang kuat dan perubahan tren yang dinamis. Sementara itu, model LSTM dipilih karena memiliki kemampuan dalam mempelajari hubungan jangka panjang dan pola non-linear pada data yang berurutan.

Berdasarkan latar belakang ini, maka akan dilakukan perbandingan dan analisis menggunakan model *Time Series Prophet* dan LSTM untuk mengetahui model mana yang memiliki kinerja terbaik dalam melakukan prediksi curah hujan harian Kota Medan. Kemudian, kinerja kedua model akan dibandingkan hasil prediksinya menggunakan beberapa metrik evaluasi untuk menilai akurasi prediksi yang dihasilkan. Hasil perbandingan tersebut digunakan untuk menentukan model yang memiliki kinerja terbaik, sehingga dapat digunakan sebagai informasi pendukung dalam upaya mitigasi banjir di Kota Medan. Dengan demikian, penelitian ini diberi judul “**Prediksi Curah Hujan Menggunakan Model *Time Series* untuk Mendukung Mitigasi Banjir di Kota Medan**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka didapatkan rumusan masalah yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan dan perbandingan kinerja model *Time Series Prophet* dan LSTM dalam memprediksi curah hujan Kota Medan?
2. Bagaimana hasil prediksi curah hujan dapat diklasifikasikan menjadi kategori intensitas curah hujan berdasarkan ambang batas sebagai indikator potensi risiko banjir di Kota Medan?
3. Bagaimana hasil prediksi curah hujan dapat diinterpretasikan dan dimanfaatkan melalui klasifikasi intensitas curah hujan dengan ambang batas yang ditentukan sebagai informasi pendukung dalam mitigasi banjir di Kota Medan?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menerapkan dan menganalisis kinerja model *Time Series Prophet* dan LSTM dalam memprediksi curah hujan Kota Medan.
2. Untuk mengklasifikasikan hasil prediksi curah hujan ke dalam kategori intensitas hujan berdasarkan ambang batas tertentu sebagai indikator potensi risiko banjir di Kota Medan.
3. Untuk menginterpretasikan dan memanfaatkan hasil prediksi curah hujan sebagai dasar informasi dalam mendukung sistem peringatan dini dan mitigasi banjir di Kota Medan.

1.4 Manfaat

Hasil dari Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui penerapan dan kinerja model *Time Series Prophet* dan LSTM untuk memprediksi curah hujan Kota Medan.
2. Menghasilkan informasi prediksi curah hujan dalam bentuk visualisasi dan klasifikasi intensitas hujan yang dapat dimanfaatkan oleh pemerintah daerah dan masyarakat sebagai informasi pendukung dalam upaya mitigasi banjir di Kota Medan.
3. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya, dalam melakukan prediksi curah hujan di wilayah lain.

1.5 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data curah hujan harian (*daily*) Kota Medan yang diperoleh dari dataset *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data* (CHIRPS) melalui platform *Google Earth Engine*, yang mencakup periode 1981 sampai 2026.
2. Penelitian ini menggunakan model *Time Series* untuk melakukan prediksi curah hujan, yaitu *Prophet* dan LSTM.
3. Proses pengolahan data, pelatihan model, serta visualisasi hasil dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *Python*, yang dilakukan pada platform *Google Colab*.