

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sektor penerbangan dan telekomunikasi merupakan dua industri yang sangat bergantung pada faktor-faktor eksternal dalam menjalankan operasionalnya. Salah satu faktor eksternal yang paling berpengaruh adalah cuaca. Cuaca yang berubah secara mendadak, terutama cuaca ekstrem seperti badai, hujan deras, angin kencang, hingga kabut tebal, bisa sangat memengaruhi kelancaran operasional di kedua sektor tersebut [1], [2]. Ketidakpastian cuaca selalu menjadi masalah utama yang dihadapi karena sulit diprediksi dan sering kali tidak memberikan gambaran yang jelas tentang kondisi yang akan datang. Cuaca sering kali hanya didasarkan pada kondisi udara dalam periode yang relatif singkat, sehingga tidak selalu memberikan gambaran yang jelas tentang perubahan yang mungkin terjadi [3].

Di sektor penerbangan, cuaca buruk dapat menyebabkan penundaan atau pembatalan penerbangan, perubahan rute, dan bahkan kecelakaan. Menurut data dari *Federal Aviation Administration* (FAA), cuaca menyebabkan 70% dari keseluruhan penundaan penerbangan, serta berkontribusi pada 23% kecelakaan penerbangan [4]. Berdasarkan E. F. Hartantyo dijelaskan bahwa faktor cuaca berkontribusi sekitar 23% dari keseluruhan kecelakaan penerbangan yang terjadi [5]. Data Evaluasi *On Time Performance* (OTP) oleh Kementerian Perhubungan juga menunjukkan bahwa 15,84% dari total keterlambatan penerbangan disebabkan oleh faktor cuaca, dengan total keterlambatan mencapai 11.713 penerbangan dalam enam bulan [6]. Dalam penelitian Y. Dermadi juga disebutkan bahwa 20-30% keterlambatan penerbangan di Bandara Husein Sastranegara disebabkan oleh kendala cuaca [7]. Sebagai contoh, pada pembatalan penerbangan *Wings Air* dengan rute Jambi-Muaro Bungo-Kerinci, meskipun jarak pandang di Bandara Bungo mencapai 1.500 meter, maskapai tetap memutuskan untuk membatalkan penerbangan tersebut [8].

Di sektor telekomunikasi, perubahan cuaca yang tidak terduga bisa mengganggu jaringan dan menurunkan kualitas layanan, terutama di daerah-daerah dengan infrastruktur yang rentan mengalami bencana. Sebagai contoh, cuaca buruk yang melanda Natuna pada tahun 2018 mengakibatkan kerusakan pada menara

Radio *Link* IPLH, yang berdampak langsung pada penurunan kualitas jaringan telekomunikasi di wilayah tersebut. Menurut penjelasan dari manajer operasional PT. Telkomsel Batam, angin kencang yang menyertai kondisi cuaca ekstrem menyebabkan antena pada menara tersebut bergeser dari posisi semula, yang mengakibatkan terputusnya *link* komunikasi [9]. Contoh lainnya yakni selama Badai Sandy, sekitar 25% menara seluler di timur laut AS terpengaruh, yang menyebabkan banyak pusat panggilan darurat tidak berfungsi. Kerusakan fisik juga dapat terjadi, seperti banjir yang merusak kabel bawah tanah dan kebakaran yang menghancurkan kabel serta tiang utilitas. Pemulihan layanan oleh teknisi pasca-bencana juga sering terhambat oleh kerusakan luas dan kesulitan akses [10].

Dalam penelitian S. I. Faleti dijelaskan bahwa perubahan kondisi lingkungan dapat mempengaruhi performa peralatan telekomunikasi yang terpasang di luar ruangan, seperti *Base Transceiver Station* (BTS) [11]. Misalnya, suhu yang ekstrem dapat menyebabkan kehilangan sinkronisasi, penurunan kualitas tautan, atau pengurasan baterai yang lebih cepat, yang semuanya berdampak pada parameter kinerja kunci seperti *throughput*, keterlambatan, dan umur jaringan. Selain itu, peristiwa cuaca ekstrem, seperti badai atau banjir, dapat merusak perangkat telekomunikasi, yang berpotensi mengganggu komunikasi dan akses informasi yang penting.

Cuaca yang sulit diprediksi berdampak pada penerbangan dan telekomunikasi dalam tiga aspek. Pertama, dari sisi ekonomi cuaca buruk menimbulkan kerugian besar di sektor penerbangan dan telekomunikasi. Ketidakefektifan sistem mitigasi memperburuk beban biaya, mengganggu operasional, dan menurunkan kepercayaan pelanggan, sehingga mengancam stabilitas dan keberlanjutan finansial perusahaan [12]. Kedua, dari segi kecepatan komputasi, keterbatasan kecepatan komputasi dalam mengolah data cuaca yang kompleks, tradisional, dan besar memperlambat respons terhadap perubahan cuaca di sektor penerbangan dan telekomunikasi [13]. Kondisi ini menghambat pengambilan keputusan operasional secara cepat, mempengaruhi kualitas layanan, serta meningkatkan risiko ketidakakuratan prediksi cuaca. Terakhir dari segi ketepatan hasil, ketidakakuratan prediksi cuaca berdampak besar pada operasional penerbangan dan telekomunikasi. Sistem klasifikasi yang tidak tepat dapat menyebabkan penundaan, gangguan

pengelolaan sumber daya, serta menurunnya kualitas dan kestabilan layanan, sehingga merugikan perusahaan dan pengguna [14].

Mengingat dampak besar cuaca terhadap sektor penerbangan dan telekomunikasi, sistem prediksi cuaca yang akurat menjadi kebutuhan utama. Melalui prediksi cuaca yang tepat, kedua sektor ini dapat mengambil langkah preventif, seperti menyesuaikan jadwal penerbangan atau memperkuat jaringan sebelum cuaca buruk terjadi. Prediksi cuaca menjadi salah satu upaya manusia dalam memahami fenomena atmosfer dan dampaknya. Salah satu cara untuk memprediksi cuaca adalah dengan menganalisis parameter-parameter fisika atmosfer [15].

Fisika atmosfer merupakan cabang ilmu yang mempelajari dinamika dan proses fisik yang terjadi di atmosfer bumi. Parameter-parameter penting yang dianalisis meliputi suhu, tekanan udara, kelembapan, dan kecepatan angin . [16], [17]. Suhu mempengaruhi sirkulasi udara serta proses-proses fisika seperti kondensasi dan evaporasi. Tekanan udara berperan dalam memprediksi kondisi cuaca, di mana tekanan rendah umumnya dikaitkan dengan hujan atau badai. Kelembapan udara menunjukkan jumlah uap air di udara yang dapat mempercepat proses kondensasi, sedangkan kecepatan dan arah angin mempengaruhi pergerakan massa udara [18], [19]. Sehingga, akurasi dan kecepatan prediksi cuaca saat ini menjadi sangat penting, khususnya untuk sektor penerbangan dan telekomunikasi.

Idealnya, sistem prediksi cuaca mampu memberikan informasi detail dan *real-time* mengenai suhu, tekanan udara, kecepatan angin, dan curah hujan untuk memastikan keselamatan dan mitigasi risiko [14]. Prediksi ini bertujuan untuk meminimalkan dampak buruk dari cuaca ekstrem sehingga masyarakat dan pelaku industri dapat mempersiapkan diri dengan lebih baik [14].

Walaupun sudah adanya *Google* cuaca dan sistem langsung dari BMKG, sistem prediksi cuaca tetap diperlukan karena sistem yang diusulkan dapat disesuaikan untuk memberikan prediksi cuaca yang lebih spesifik dan lokal, yang sangat berguna bagi komunitas tertentu seperti pihak telekomunikasi dan penerbangan yang membutuhkan informasi cuaca yang sangat akurat untuk wilayah tersebut. Sistem klasifikasi yang dikembangkan secara lokal akan dapat disesuaikan dengan karakteristik cuaca spesifik di suatu daerah. Misalnya, di daerah tropis

seperti Kepulauan Riau, pola cuaca bisa sangat berbeda dibandingkan dengan daerah lain [20].

Solusi sistem yang dibutuhkan dalam klasifikasi cuaca untuk mengatasi tantangan di sektor penerbangan dan telekomunikasi adalah pengembangan model yang mampu memproses berbagai parameter fisika atmosfer secara efektif guna menghasilkan prediksi cuaca yang lebih tepat dan akurat. Hal ini diperlukan untuk mendukung perencanaan dan pengambilan keputusan operasional di kedua sektor tersebut. Untuk mencapai tujuan tersebut, dibutuhkan suatu model yang efisien dalam mengolah data serta mampu memberikan prediksi secara cepat dan relevan pada tingkat lokal.

Seiring dengan perkembangan teknologi, metode *machine learning* menawarkan potensi tambahan dalam meningkatkan kecepatan dan ketepatan prediksi. Teknologi ini bukan dimaksudkan untuk menggantikan peran BMKG atau layanan cuaca yang telah ada, melainkan untuk melengkapinya dengan menyediakan analisis cuaca yang lebih responsif dan spesifik secara lokal sebagai penunjang pengambilan keputusan. Melalui kemampuannya dalam mengenali pola dari data historis cuaca, *machine learning* dapat mengolah parameter fisika atmosfer secara efisien dan adaptif. Sehingga, selain dapat mengembangkan model prediksi yang tidak hanya akurat, tetapi juga lebih sesuai dengan dinamika kondisi cuaca di wilayah tertentu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas, adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengembangkan metode klasifikasi dan prediksi cuaca berdasarkan pola parameter fisika atmosfer yang mempengaruhi cuaca?
2. Bagaimana menerapkan model klasifikasi cuaca terpilih ke sistem berbasis *Streamlit* dengan membangun alur komunikasi antara server dan *Client* melalui platform lokal maupun *Cloud Streamlit*?
3. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi cuaca melalui pola interaksi antar-parameter fisika atmosfer?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Berdasarkan permasalahan di atas, tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengidentifikasi, memahami, serta memberikan solusi yang tepat guna terhadap masalah-masalah yang telah dijabarkan. Adapun tujuan dan manfaat spesifik dari penulisan ini adalah sebagai berikut:

1.3.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan metode klasifikasi dan prediksi cuaca berdasarkan pola parameter fisika atmosfer yang mempengaruhi cuaca.
2. Menerapkan model klasifikasi cuaca terpilih ke sistem berbasis *Streamlit* dengan membangun alur komunikasi antara server dan *Client* melalui platform lokal maupun *Cloud Streamlit*.
3. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi cuaca melalui pola interaksi antar-parameter fisika atmosfer.

1.3.2 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Membantu meningkatkan ketepatan pengambilan keputusan operasional melalui sistem prediksi cuaca yang lebih akurat dan adaptif, sehingga dapat meminimalkan risiko keterlambatan, gangguan layanan, dan kerugian akibat cuaca ekstrem.
2. Mendorong inovasi dalam penerapan metode klasifikasi dan analisis data atmosfer berbasis machine learning, khususnya untuk kondisi cuaca lokal yang memiliki karakteristik khas.
3. Memberikan informasi cuaca yang lebih akurat dan relevan, sehingga masyarakat dan pelaku industri dapat melakukan perencanaan dan mitigasi risiko dengan lebih baik dalam menghadapi perubahan cuaca yang tidak menentu.
4. Menjadi referensi tambahan dalam bidang fisika atmosfer dan penerapan teknologi prediktif, khususnya dalam pengembangan metode berbasis data untuk memahami dan memprediksi perubahan cuaca.
5. Memberikan solusi implementatif dalam bentuk aplikasi sistem prediksi cuaca berbasis *Streamlit* yang dapat dijalankan secara lokal maupun melalui *Cloud*,

sehingga memudahkan akses dan visualisasi hasil klasifikasi cuaca secara interaktif oleh pengguna akhir, baik dari kalangan teknis maupun non-teknis.

1.4. Batasan Masalah

Untuk memperjelas fokus penelitian ini, diperlukan beberapa batasan masalah yang akan mengarahkan pembahasan agar tetap terarah dan sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya fokus pada faktor-faktor fisika atmosfer yang mempengaruhi cuaca.
2. Penelitian ini fokus menggunakan enam metode learning model yang berbasis *machine learning*, yaitu *Random Forest*, *Decision Tree*, *Navie Bayes*, *SVM*, *K-NN*, dan *Neural Network*, untuk membandingkan kinerja masing-masing dan memilih metode terbaik.
3. Evaluasi kinerja algoritma terbaik dilakukan dengan fokus pada metrik akurasi, presisi, *recall*, *F1-score*, dan *confusion matrix*.
4. Dataset yang digunakan yaitu dataset BMKG yang tercatat di Bandara Sultan Thaha Jambi kelas 1 pada tahun 2018-2019. Dataset ini terdiri dari 730 baris dan 13 kolom yang berisi fitur-fitur dan 1 kelas diantaranya (temperatur rata-rata, temperatur maksimum, temperatur minimum, curah hujan, penyinaran matahari, kelembapan nisbi, kecepatan angin, arah angin terbesar, arah angin yang paling sering muncul, dan arah angin rata-rata).
5. Sistem prediksi dan klasifikasi cuaca dikembangkan menggunakan *framework Streamlit*, yang hanya mencakup pembuatan *interface* berbasis web untuk kebutuhan lokal (*localhost*) dan *deployment Cloud* (melalui platform *Streamlit.io*).
6. Sistem hanya mendukung komunikasi *Client-server* dengan menggunakan protokol HTTP melalui platform *Streamlit*, baik saat dijalankan secara lokal maupun saat di-deploy ke *Streamlit Cloud*.

1.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode simulasi dan analisis statistik kuantitatif. Penelitian membandingkan kinerja enam algoritma *machine learning* (ML) yang populer, yaitu *Random Forest*, *Decision*

Tree, *Navie Bayes*, *Support Vector Machine (SVM)*, *K-Nearest Neighbors (K-NN)*, dan *Neural Network*. Perbandingan ini dilakukan untuk menentukan algoritma yang paling efektif dan efisien dalam melakukan prediksi cuaca. Simulasi dilakukan dengan menggunakan dataset spesifik, yakni data cuaca dari Bandara Sultan Thaha Jambi yang mencakup periode tahun 2018 hingga 2019.

Masing-masing algoritma dalam tahap simulasi akan dilatih dan diuji menggunakan data tersebut untuk memprediksi kondisi cuaca. Selanjutnya, analisis statistik akan dilakukan dengan mengevaluasi performa setiap algoritma menggunakan berbagai metrik evaluasi standar dalam machine learning, yaitu akurasi, presisi, *recall*, *F1-score*, serta analisis melalui *confusion matrix*. Evaluasi ini bertujuan untuk mengukur sejauh mana efektivitas, ketepatan, dan keakuratan prediksi yang dihasilkan oleh masing-masing model. Hasil akhir dari perbandingan ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai algoritma mana yang paling sesuai dan dapat diandalkan untuk aplikasi prediksi cuaca, khususnya dalam mendukung operasional sektor-sektor yang sangat bergantung pada kondisi cuaca.

Selanjutnya, model yang dipilih diterapkan pada sistem berbasis *Streamlit*. Dalam tahap ini, sistem yang dikembangkan akan mengintegrasikan model prediksi cuaca ke dalam antarmuka berbasis web, sehingga pengguna dapat mengakses hasil klasifikasi dan prediksi cuaca secara interaktif. Sistem dibangun dengan alur komunikasi antara server dan *Client* menggunakan protokol HTTP, yang mendukung penggunaan sistem secara lokal (*localhost*) maupun melalui *Cloud* platform *Streamlit*. Nantinya user dapat memasukkan parameter cuaca dan sistem akan menampilkan hasil prediksi.

1.5 Jadwal Pelaksanaan

Tabel 1.1 Jadwal Pengerjaan CD-1

No	Aktivitas CD-1	September				Oktober				November				PIC
		W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	
1	Studi Literatur													
2	Melakukan Analisa Kebutuhan yang harus dipenuhi pada dokumen CD-1													

3	Membuat dokumen CD-1													
4	Mengumpulkan referensi, membuat citasi dan merapikan penulisan dokumen CD-1													
5	Memperbaiki revisi dari dosen pembimbing dan menyelesaikan dokumen CD- 1													

Tabel 1.2 Jadwal Pengerjaan CD-2

No	Aktivitas CD-2	September				Oktober				November				PIC
		W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	
1	Studi Literatur													
2	Melakukan Analisa Kebutuhan yang harus dipenuhi pada dokumen CD-2													
3	Membuat dokumen CD-2													
4	Mengumpulkan referensi, membuat citasi dan merapikan penulisan dokumen CD-2													
5	Memperbaiki revisi dari dosen pembimbing dan menyelesaikan dokumen CD- 2													

Tabel 1. 3 Jadwal Pengerjaan CD-3

No	Aktivitas CD-3	Oktober				November				Desember				PIC
		W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	
1	Studi Literatur													
2	Melakukan Analisa Kebutuhan yang harus dipenuhi pada dokumen CD-3													
3	Membuat dokumen CD-3													

4	Mengumpulkan referensi, membuat citasi dan merapikan penulisan dokumen CD-3													
5	Memperbaiki revisi dari dosen pembimbing dan menyelesaikan dokumen CD-3													

Tabel 1.4 Jadwal Pengerjaan CD-4

No	Aktivitas CD-4	Februari				Maret				April				PIC
		W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	
1	Studi Literatur													Semua
2	Pengumpulan Data, Pengolahan Dataset dan Input Dataset													Dataset Januari-April: Amar Dataset Mei-Agustus: Shinta September-Desember: Firda
3	<i>Pre-Processing</i> Data													Amar
4	Analisis Korelasi (<i>Spearman</i>)													Firda
5	Ekstraksi Fitur- Fitur													Shinta
6	Data <i>Procesing</i> (Pembuatan Model, Model <i>Training</i>)													1. Algoritma <i>Navie Bayes</i> , K-NN: Shinta 2. Algoritma <i>Random Forest</i> , <i>Desiccion Tree</i> : Firda 3. Algoritma SVM, <i>Neural Network</i> : Amar
7	Model Testing dan Evaluasi													4. Semua Anggota pada tiap-tiap algoritma
8	<i>Output</i> Visualisasi													Amar
9	Penyesuaian Fitur, Parameter dan apabila masih blm sesuai													Semua Anggota pada tiap-tiap algoritma

10	Deploy model													Amar
11	Pengerjaan Laporan CD-4													Semua Anggota
12	Memperbaiki Revisi dari dosen pembimbing dan dosen <i>capstone</i>													Semua Anggota

Tabel 1.5 Jadwal Pengerjaan CD-5

No	Aktivitas CD-5	Maret				April				Mei				PIC
		W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	
1	Studi Literatur													Semua
2	Pengujian dalam Input Dataset													Dataset Januari-April: Amar Dataset Mei-Agustus: Sinta September-Desember: Firda
3	Pengujian dalam <i>Pre-Processing</i> Data													Amar
4	Pengujian dalam Ekstrasi Fitur- Fitur													Shinta
5	Pengujian dalam Analisis Korelasi													Firda
6	Pengujian untuk Data <i>Procesing</i> (Pembuatan Model dan Model <i>Training</i>)													1. Algoritma <i>Navie Bayes</i> , K-NN: Shinta 2. Algoritma <i>Random Forest</i> , <i>Desiccion Tree</i> : Firda 3. Algoritma SVM, <i>Neural Network</i> : Amar
7	Pengujian untuk Model Testing dan Evaluasi													Semua Anggota pada tiap-tiap algoritma
8	Pengujian untuk <i>Output Visualisasi</i>													Amar
9	Pengujian <i>Deploy</i> Model													Amar

9	Perbandingan Algoritma													Semua Anggota pada tiap-tiap algoritma
10	Pengerjaan Laporan CD-5													Semua Anggota
11	Memperbaiki Revisi dari dosen pembimbing dan dosen <i>capstone</i>													Semua Anggota