

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kampus Limau Manis adalah salah satu kampus Universitas Andalas, yang berlokasi di Jl. Lingkar Universitas Andalas, Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat. Area kampus tersebut merupakan salah satu yang terluas di Indonesia, dengan topografi, khususnya elevasi, yang berbeda secara signifikan dengan daerah-daerah di sekitarnya. Kampus Limau Manis terletak di daerah perbukitan Limau Manis (Bukik Karamunting), yang mencakup area seluas ± 500 hektar (Kampus Depok Universitas Indonesia: ± 320 hektar, Kampus Tunjung Nyaho Universitas Palangka Raya: ± 300 hektar), dengan elevasi ± 245 meter di atas permukaan laut pada area Gedung Rektorat [1-4]. Sedangkan sebagai perbandingan, Gerbang Utama, yang merupakan bagian terluar dari kampus, mempunyai elevasi sebesar ± 148 meter di atas permukaan laut, dan nilai tersebut akan cenderung terus menurun semakin mengarah ke pusat kota [5].

Kondisi geografis yang demikian secara tidak langsung dapat menyebabkan terjadinya hujan lokal, yaitu istilah yang digunakan untuk hujan yang terjadi di daerah tertentu atau secara tidak merata [6]. Pertama, pada kondisi tertentu, daerah dengan elevasi yang lebih tinggi cenderung lebih mudah mengalami hujan. Hal ini terjadi ketika massa udara lembap bergerak dan dipaksa naik oleh topografi seperti perbukitan atau lereng. Seiring kenaikan ketinggian, temperatur udara menurun sehingga uap air mengalami kondensasi dan membentuk awan yang kemudian akan berkembang menjadi hujan. Proses ini dinamakan *orographic precipitation* [7]. Pada kondisi lain, hujan juga dapat terjadi di daerah dengan elevasi yang lebih rendah. Hal ini dapat terjadi oleh beberapa penyebab, di antaranya ialah proses konveksi lokal akibat pemanasan permukaan, di mana udara di daerah bawah mengalami pemanasan lebih cepat sehingga naik dan membentuk awan hujan secara lokal [8], dan pergerakan awan (*advection*), yaitu fenomena ketika awan terbentuk di tempat lain, namun kemudian terbawa angin menuju tempat dengan elevasi rendah dan menghasilkan hujan [9]. Kedua, area kampus yang luas secara tidak langsung membuat jarak antara pusat kampus (area dengan jumlah bangunan kampus terbanyak) dan lokasi lain di sekitarnya menjadi lebih jauh, hal ini semakin mendukung terjadinya hujan lokal. Hujan lokal tersebut dapat menjadi masalah jika terdapat kegiatan atau aktivitas yang bergantung pada keadaan cuaca, baik dari segi pelaksanaannya, maupun perencanaan. Contohnya ialah kegiatan di luar ruangan (*outdoor*) dan mobilitas, yang disertai dengan tidak adanya sumber informasi yang akurat dan reliabel tentang keadaan cuaca tersebut. Keadaan cuaca di kampus dapat saja berbeda dengan keadaan cuaca di luar kampus saat suatu kegiatan *outdoor* sedang

dilaksanakan, dan mengakibatkan orang dari tempat lainnya yang akan menghadiri kegiatan tersebut menyiapkan diri untuk keadaan cuaca yang salah. Mobilitas, khususnya penggunaan kendaraan beroda dua, juga dapat terganggu (baik dari sisi kenyamanan maupun keselamatan perjalanan) apabila terjadi hujan [10-11]. Oleh karena itu, diperlukan suatu solusi berupa sistem yang dapat memantau sekaligus memprediksi keadaan cuaca, khususnya hujan lokal di Kampus Limau Manis dan area di sekitarnya secara akurat dan reliabel. Sistem tersebut juga perlu untuk dapat diakses oleh umum atau terbuka.

Beberapa sistem atau alat telah didesain untuk mengatasi masalah tersebut, yang di antaranya ialah: Pertama, sistem pemantauan dan prakiraan cuaca skala besar seperti milik Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan AccuWeather. Sistem pemantauan dan prakiraan cuaca milik BMKG telah menjadi sumber informasi cuaca utama bagi masyarakat Indonesia melalui jaringan observasi langsung, data satelit, radar cuaca, dan pemodelan numerik untuk menghasilkan prakiraan cuaca regional hingga lokal [12]. Namun, sistem tersebut masih memiliki keterbatasan, yaitu dalam merepresentasikan keadaan cuaca skala mikro (lebih kecil dari lingkup kelurahan) dan menentukan waktu mulai turunnya hujan secara lebih pasti, khususnya di Kampus Limau Manis [13-15]. Begitu pun dengan AccuWeather yang menggunakan pendekatan serupa [16].

Kedua, sistem monitoring dan klasifikasi cuaca yang dirancang oleh [17]. Sistem tersebut mengobservasi langsung keadaan cuaca dengan sensor-sensor, mengklasifikasikannya menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM), dan menggunakan arsitektur *multi-node*. Arsitektur *multi-node* merupakan sistem yang terdiri dari beberapa *node*, yaitu unit perangkat yang berfungsi sebagai titik pengambilan data melalui sensor, yang bekerja secara bersama untuk mengumpulkan dan mengirimkan data ke pusat pemrosesan. Pendekatan ini sudah dapat mengatasi masalah ketidakmampuan dalam merepresentasikan keadaan cuaca skala mikro dan menentukan waktu mulai turunnya hujan secara lebih pasti. Namun, sistem tersebut tidak memiliki fitur prediksi keadaan cuaca ke depan. Teknologi jaringan yang digunakan ialah LoRaWAN, yang memiliki karakteristik hemat daya dan jarak jangkauan yang jauh, namun konsekuensinya ialah LoRaWAN memiliki laju data yang rendah (jika dibandingkan dengan teknologi lain, seperti Wi-Fi) [18]. Selain itu, sistem tersebut menempatkan pemrosesan algoritma *Machine Learning* (yang dalam kasus ini, SVM) di setiap *node*-nya (*edge computing*), daripada menempatkannya di pusat pemrosesan. Hal ini membuat setiap perubahan program baru akan sulit untuk diaplikasikan, karena perlu mengunggahnya ke setiap *node*. Sistem serupa juga telah dirancang oleh [19], yang menggunakan Wi-Fi sebagai teknologi jaringan untuk mengunggah data ke *website*. Namun, sistem tersebut juga tidak menyertakan fitur prediksi keadaan cuaca ke depan. Pada sisi arsitektur, sistem tersebut mengirimkan data dari setiap *node* ke pusat pemrosesan yang berupa Raspberry Pi dengan jaringan kabel

(USB). Hal ini mengharuskan pusat pemrosesan untuk berada dalam jarak yang dekat dengan *node* (dibandingkan dengan jaringan nirkabel), yang kembali membuat pembaruan pada perangkat lunak dan perangkat keras (seperti penambahan *node*) menjadi tidak praktis.

Penelitian ini mengusulkan sistem pemantauan dan prediksi keadaan cuaca, khususnya hujan lokal, dengan observasi langsung menggunakan sensor-sensor yang ditempatkan di lokasi pemantauan. Metode tersebut dinilai lebih baik dalam merepresentasikan keadaan cuaca skala mikro, daripada pendekatan lain seperti pemodelan numerik dan pengamatan satelit [20]. Sistem tersebut mengadopsi arsitektur *multi-node* yang menempatkan pemrosesan algoritma *Machine Learning*, yaitu XGBoost, di pusat pemrosesan berupa Raspberry Pi. Pemusatan pemrosesan ini dapat mempermudah perubahan yang mungkin ada, baik pada perangkat lunak, maupun perangkat keras. Protokol MQTT digunakan untuk mengirim dan menerima data antara *node* dan pusat pemrosesan. MQTT dipilih karena skalabilitasnya yang tinggi melalui arsitektur *publish-subscribe* dan penggunaan *bandwidth* yang rendah (dibandingkan protokol komunikasi lain, seperti HTTP) [21]. Proses pengiriman dan penerimaan data tersebut dilakukan melalui jaringan Wi-Fi yang sudah tersedia di lingkungan sekitar *node*. Keluaran dari sistem tersebut nantinya ialah berupa informasi keadaan cuaca saat ini (hujan atau tidak hujan), prediksi keadaan cuaca dalam beberapa jam ke depan, dan parameter-parameter cuaca (intensitas hujan, temperatur udara, kelembapan udara, dan tekanan udara). Keadaan hujan saat ini akan dibagi menjadi hujan ringan, sedang, dan lebat. Informasi tersebut selanjutnya akan ditampilkan ke dalam *website* dengan bantuan Firebase. *Website* dipilih karena kemudahannya untuk diakses tanpa perlu mengunduh aplikasi tambahan pada perangkat.

Adapun algoritma XGBoost dipilih karena efektif dalam mengolah data tabular, mampu meningkatkan akurasi melalui teknik *boosting*, menangani data yang hilang, serta memanfaatkan fitur temporal untuk menangkap pola musiman pada data intensitas hujan [22]. Pada percobaan yang dilakukan oleh S. Nuthalapati dan A. Nuthalapati, algoritma XGBoost berhasil menghasilkan nilai akurasi tertinggi (80,95%) dalam memprediksi keadaan cuaca, dibanding Support Vector classifier (77,55%) dan K-NN (76,87) [23]. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Yasper et al., algoritma XGBoost dapat mencapai akurasi hingga 95% dalam mengestimasi keadaan hujan atau tidak hujan [24].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang sistem yang dapat memantau hujan lokal di Kampus Limau Manis Universitas Andalas?
2. Bagaimana cara merancang sistem yang dapat memprediksi hujan lokal di

Kampus Limau Manis Universitas Andalas menggunakan algoritma XGBoost?

3. Bagaimana cara merancang sistem komunikasi data berbasis IoT dan arsitektur *multi-node* untuk sistem pemantauan dan prediksi tersebut?
4. Bagaimana kinerja sistem yang dirancang berdasarkan parameter akurasi sensor, akurasi prediksi, dan *Quality of Service* (QoS)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Merancang sistem yang dapat memantau hujan lokal di Kampus Limau Manis Universitas Andalas.
2. Merancang sistem yang dapat memprediksi hujan lokal di Kampus Limau Manis Universitas Andalas.
3. Merancang sistem komunikasi data berbasis IoT dan arsitektur *multi-node* untuk sistem pemantauan dan prediksi tersebut.
4. Menguji akurasi sensor-sensor yang digunakan dalam sistem.
5. Menguji akurasi algoritma XGBoost dalam memprediksi hujan lokal.
6. Menguji kinerja sistem komunikasi yang dirancang dengan standar *Quality of Service* (QoS).

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat:

1. Sistem yang dihasilkan dapat digunakan oleh masyarakat umum untuk memantau dan memprediksi hujan lokal di Kampus Limau Manis Universitas Andalas dan daerah di sekitarnya.
2. Penelitian ini dapat memberikan kontribusi ilmiah tentang bidang-bidang keilmuan yang diaplikasikan dalam sistem, seperti elektronika, IoT, dan *Machine Learning*.
3. Sistem yang dihasilkan dapat menjadi dasar pengembangan lebih lanjut dan objek studi ke depannya.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem yang dirancang difokuskan pada pemantauan dan prediksi kejadian hujan lokal (hujan atau tidak hujan), keadaan hujan saat ini akan dibagi menjadi hujan ringan, sedang, dan lebat.
2. Jumlah *node* yang dirancang ialah 2 buah, yang ditempatkan di dalam lingkungan kampus dan luar kampus.
3. Parameter cuaca yang digunakan dalam sistem terbatas pada temperatur udara, kelembapan udara, tekanan udara, kejadian hujan (hujan atau tidak hujan) dan intensitas hujan.

4. Parameter cuaca tersebut diukur dengan sensor-sensor: DHT22 (temperatur dan kelembapan udara), BMP280 (tekanan udara), *rain sensor* (kejadian hujan), dan *tipping bucket* (intensitas hujan).
5. Prediksi yang dilakukan terbatas pada jangka waktu beberapa jam ke depan.
6. Sistem menggunakan komunikasi berbasis IoT melalui jaringan Wi-Fi yang tersedia di sekitar tempat pemasangan masing-masing *node*.
7. Sistem menggunakan sumber daya listrik yang sudah tersedia di tempat pemasangan masing-masing *node*.
8. Evaluasi sistem dilakukan berdasarkan akurasi sensor, akurasi prediksi, dan kinerja komunikasi *Quality of Service* (QoS).

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai landasan teori pendukung yang digunakan dalam penyelesaian masalah pada penelitian ini.

BAB III METODOLOGI

Bab ini berisikan penjelasan mengenai metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah pada penelitian ini.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Bab ini berisikan informasi tentang hasil penelitian, beserta analisis penulis terhadap hasil tersebut.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari penulis terkait penelitian yang telah dilakukan.