

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Cuaca merupakan fenomena yang mencakup kondisi udara yang dapat diamati dalam periode yang relatif singkat atau pendek, biasanya terbatas pada suatu wilayah tertentu. Dalam definisi yang diberikan oleh *World Climate Conference*, cuaca merujuk pada keadaan atmosfer yang dapat diukur dengan kompleksitas yang mencakup berbagai perubahan, perkembangan, serta muncul atau hilangnya berbagai fenomena udara yang beragam. Dengan kata lain, cuaca adalah hasil dari interaksi yang sangat dinamis antara unsur-unsur atmosfer seperti suhu, kelembaban, tekanan udara, angin, dan lainnya, yang menciptakan situasi atmosfer yang unik di setiap wilayah di Bumi (Luthfiarta dkk., 2020). Cuaca dapat berubah-ubah hanya dalam beberapa jam, dan ditandai dengan perbedaan antara siang dan malam. Cuaca disebabkan oleh perbedaan suhu dan kelembaban dari satu tempat ke tempat lain. Di Indonesia informasi cuaca yang sudah dikenal oleh masyarakat adalah berawan, cerah dan hujan (Yunita, 2015).

Hujan di Indonesia memiliki curah hujan rata-rata sebagai gambaran kondisi curah hujan normal. Sumber daya untuk menghitung curah hujan adalah alat pengukur curah hujan, radar berbasis darat, dan satelit penginderaan jauh. Curah hujan atau prestipasi adalah jumlah air hujan yang turun pada daerah tertentu dalam satuan waktu tertentu. Pengukuran curah hujan selama periode tertentu menggunakan satuan milimeter (mm) diatas permukaan datar. Curah hujan dapat juga diartikan sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul, tidak menguap, meresap, dan mengalir yang terkumpul pada tempat datar (Sunardi dkk., 2020).

Prediksi curah hujan sangat bermanfaat dalam berbagai bidang, misalnya di bidang pertanian, prediksi curah hujan dapat digunakan sebagai informasi di sektor pertanian untuk menghadapi perubahan iklim, informasi mengenai curah hujan juga dapat digunakan sebagai upaya deteksi bencana kekeringan, di bidang pembudidayaan informasi curah hujan juga sangat berguna untuk meningkatkan produktivitas hasil budidaya, misalnya pada budidaya lebah penghasil madu,

informasi curah hujan dapat digunakan untuk menghitung besarnya pembiayaan budidaya, melalui informasi indeks curah hujan dapat diperoleh informasi prediksi harga premi asuransi pertanian. Oleh sebab itu, metode prediksi curah hujan sangat penting sekali untuk dikembangkan (Pebralia, 2022).

Pengamatan unsur – unsur cuaca sangat dibutuhkan oleh masyarakat untuk berbagai keperluan. Pengamatan unsur cuaca dapat menjadi bahan acuan untuk memprakirakan dan menentukan cuaca saat itu yang sedang terjadi di wilayah tersebut dan memprakirakan cuaca yang sedang terjadi maupun cuaca yang akan datang. Data parameter cuaca ini sangat berguna untuk mengetahui klimatologis pada suatu wilayah, sehingga masyarakat setempat dapat memanfaatkan hasil dari pengamatan cuaca tersebut sesuai dengan kebutuhan masing-masing pihak yang diuntungkan dari kondisi cuaca di wilayah tersebut (Bahri dan Arif, 2021).

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) merupakan instansi pemerintahan yang bertugas mengamati cuaca dan memberikan perkiraan cuaca. Untuk mengamati cuaca diperlukan suatu instrumen dan ditempatkan dalam suatu lokasi tertentu yang merepresentasikan kondisi lingkungan sekitar yang memuat alat ukur unsur – unsur cuaca. Unsur – Unsur cuaca tersebut adalah unsur – unsur cuaca seperti suhu udara, tekanan udara, kelembaban udara, kecepatan angin (Prasetya dkk., 2023). Proses pengukuran cuaca yang dilakukan oleh petugas BMKG saat ini masih terpisah untuk setiap unsur cuaca. Setiap pengukuran dilakukan satu persatu pada masing-masing unsur cuaca. Petugas harus memasang media pengukuran seperti tabung penakar hujan dan kertas pias. Beberapa contoh unsur yang diamati oleh BMKG adalah curah hujan, suhu udara, kelembapan udara, serta lamanya penyinaran matahari (Prayogo dkk., 2021).

Automatic Weather Station (AWS) adalah perangkat yang dirancang untuk secara otomatis mengumpulkan dan mengakuisisi data cuaca, seperti suhu, tekanan, kelembaban, radiasi matahari, curah hujan, dan kecepatan angin. AWS memudahkan pengamatan cuaca dan data yang diperoleh digunakan untuk mengurangi risiko akibat cuaca. Beberapa lembaga yang memerlukan data cuaca meliputi sektor pertanian, perikanan, transportasi, pariwisata, dan masyarakat umum. Sistem pengamatan AWS telah lama dikembangkan di negara-negara maju.

Namun, harga perangkat AWS yang relatif tinggi membuatnya sulit diakses oleh sebagian orang. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) telah memasang sejumlah peralatan AWS, baik yang terintegrasi (di wilayah Jabodetabek) maupun yang berdiri sendiri (tidak terintegrasi). Saat ini, lebih dari 70 perangkat AWS telah dipasang di stasiun pengamatan BMKG dengan berbagai merek, seperti Cimel, Vaisala, Jinyang, RM Joung, dan lainnya. Namun, perawatan perangkat ini relatif sulit karena memerlukan orang yang menguasai peralatan dengan merek yang berbeda dan alat yang digunakan masih sangat besar sehingga membuat tidak portable (Herdianzenda dkk., 2021).

Pada masa digitalisasi saat ini, masyarakat sangat membutuhkan sebuah perangkat yang praktis dan mudah digunakan untuk mendapatkan informasi tentang cuaca yang akurat berdasarkan beberapa contoh unsur yang diamati oleh BMKG tersebut. Untuk itu penerapan sistem prediksi cuaca berbasis IoT (*Internet of Things*) sangat dibutuhkan (Sani dan Firdaus, 2021).

Internet of Things merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas *internet* yang tersambung secara terus-menerus. Dengan memanfaatkan *Internet of Things*, seseorang dapat membangun sebuah sistem pemantauan cuaca yang dapat digunakan didaerah atau area yang diinginkan, untuk mengamati keadaan cuaca karena sering terjadi perbedaan cuaca antara suatu kawasan dengan kawasan lainnya (Alifia Sekar Ratri dkk., 2021). Oleh karena itu, Prediksi cuaca harian memiliki peran penting dalam pengambilan keputusan yang efisien. Dinamika dalam kondisi cuaca mendorong para peneliti untuk mengusulkan model-model efisien untuk prediksi data. Ada berbagai jenis model prediksi cuaca linear. Masalah dengan model-model linear adalah bahwa mereka tidak mempertimbangkan non-linearitas dalam data masukan. Dalam beberapa tahun terakhir, model non-linear diusulkan untuk prediksi cuaca (Hemalatha dkk., 2021).

Untuk memprediksi kondisi cuaca di suatu daerah dengan akurat, diperlukan teknologi yang dapat menganalisis dan memprediksi kondisi cuaca pada daerah tersebut. Salah satu teknologi yang bisa digunakan adalah *Machine learning*. *Machine learning* adalah cabang dari *Artificial Intelligence* (AI) yang

memungkinkan komputer untuk mengembangkan perilaku berdasarkan data empiris atau data yang diperoleh dari observasi atau percobaan. *Machine learning* mencoba mengolah data yang diobservasi yang kemudian akan mendapatkan hasil yaitu pola cuaca dan nantinya pola tersebut dapat membantu menganalisis cuaca yang sering berubah-ubah sehingga dapat memperkirakan kondisi cuaca pada saat itu dengan akurat. Tingkat akurasi tersebut dilihat dari data yang diobservasi. Jika data yang digunakan sebagai observasi menyesatkan dan menghasilkan *overfitting*, maka tingkat akurasi yang dihasilkan sangat buruk (Suma, 2020).

Penelitian mengenai prakiraan cuaca telah dilakukan oleh Yunita (2015) mengenai penggunaan metode jaringan saraf (*neural network*) untuk prediksi cuaca dengan tujuan memberikan informasi cuaca yang akurat untuk penanggulangan banjir. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen dengan tahapan pengumpulan data, pengolahan awal data, penggunaan metode *neural network* untuk prediksi cuaca jangka pendek, dan eksperimen serta pengujian metode. Kelebihan metode *neural network* adalah efisien dalam mengolah data prediksi cuaca yang tidak stabil dan memiliki tingkat akurasi sebesar 72.97%. Namun, metode ini mungkin memiliki kekurangan dalam peramalan cuaca jangka panjang dan dalam mempelajari pola klasifikasi dengan data yang luar biasa atau kompleks.

Basri (2022) telah melakukan penelitian untuk pengembangan sistem irigasi pintar yang menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan *machine learning* untuk meningkatkan pembibitan pala di Kabupaten Fakfak, Papua Barat. Sistem ini menggabungkan beberapa sensor untuk mengukur kelembapan tanah, suhu udara, dan kondisi lingkungan sekitar tanaman pala. Data dari sensor-sensor ini digunakan untuk memprediksi kebutuhan irigasi menggunakan algoritma *machine learning* seperti *Support Vector Machine* (SVM). Kelebihan penelitian ini adalah menggabungkan teknologi IoT dan *machine learning* untuk mengatasi permasalahan irigasi pada pembibitan pala, serta memberikan solusi otomatis dan *real-time*. Namun, kekurangan penelitian ini adalah kurangnya informasi tentang hasil pengujian sistem dan keterbatasan dalam implementasi algoritma *machine learning* yang digunakan.

Lattifia, dkk. (2022) telah melakukan penelitian mengenai penggunaan metode *Long Short-Term Memory* (LSTM) untuk prediksi cuaca. Penelitian ini fokus pada prediksi curah hujan dan suhu menggunakan LSTM, dengan mempertimbangkan parameter seperti jumlah *epoch* dan *batch size* yang mempengaruhi akurasi prediksi. LSTM memiliki keunggulan dalam mengingat data *time series* dan dapat digunakan untuk meramalkan data yang memiliki sifat *time series*. LSTM juga memiliki kemampuan untuk mendeteksi data yang perlu diingat dan data yang tidak relevan melalui penggunaan gates pada setiap neuron. Dalam penelitian ini, data curah hujan dan suhu cuaca dari tahun 2013-2020 digunakan sebagai data latih, sedangkan data cuaca tahun 2021 digunakan sebagai data uji. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model LSTM dengan batch size sebesar 50 dan epoch sebanyak 100 memberikan prediksi yang akurat untuk suhu dan curah hujan. Namun, metode *Long Short-Term Memory* (LSTM) juga memiliki beberapa kelemahan. Salah satunya adalah kompleksitas modelnya. LSTM memiliki banyak parameter yang harus disesuaikan secara tepat, seperti jumlah layer dan jumlah neuron. Menemukan parameter optimal bisa menjadi tantangan tersendiri dan memerlukan pemahaman yang mendalam tentang metode ini. Selain itu, LSTM juga rentan terhadap *overfitting*, yaitu saat model terlalu "menghafal" data latih dan tidak dapat menggeneralisasi dengan baik pada data baru. Waktu pelatihan yang lama juga menjadi kelemahan, terutama jika datasetnya besar dan kompleks. Selain itu, interpretasi hasil prediksi dari model LSTM yang kompleks juga dapat menjadi sulit. Meskipun demikian, LSTM tetap menjadi salah satu metode yang populer dan efektif dalam memprediksi data *time series*.

Sebelumnya, Aldaciptarisa dkk. (2022) telah melakukan penelitian terkait perancangan alat yang dikenal sebagai E-THERIN, yang difungsikan oleh para nelayan sebagai alat bantu navigasi di laut. Penelitian ini bertujuan untuk memungkinkan para nelayan untuk memantau kondisi cuaca dengan metode yang dapat meningkatkan keselamatan pelayaran mereka dan mengurangi tingkat kecelakaan laut. E-THERIN dilengkapi dengan berbagai sensor, termasuk anemometer, sensor BME280, sensor intensitas cahaya, dan sensor curah hujan. Keunggulan dari penelitian ini terletak pada kemampuannya untuk menghasilkan

prototipe alat indikator cuaca yang mampu memonitor kondisi cuaca di sepanjang pesisir pantai dengan melacak variabel seperti suhu, kelembaban, curah hujan, intensitas cahaya, dan kecepatan angin. Namun, alat ini memiliki kekurangan yaitu tidak mampu memprediksi cuaca kedepan, belum terintegrasi dengan sistem *Internet of Things* (IoT), alat terlalu besar, tidak fleksibel dan tidak *portable* untuk dibawa kemana-mana.

Kemudian, penelitian mengenai E-THERIN dilanjutkan oleh Risanti (2023), yang mengembangkan alat prediksi cuaca berbasis data *real-time* menggunakan mikrokontroler Arduino Mega2560 dengan memanfaatkan sensor BME280 dan anemometer. Selanjutnya, berhasil diciptakan model *machine learning* yang mampu memprediksi kondisi cuaca 3 jam ke depan dengan menggunakan parameter suhu, kelembaban, dan kecepatan angin, menggunakan model *decision tree* dengan tingkat akurasi sekitar $\pm 84\%$. Namun, alat prediksi cuaca tersebut memiliki kekurangan yaitu belum terintegrasi pada sistem *Internet of Things* (IoT) untuk memudahkan pengambilan data agar tidak harus tersambung ke laptop, kurangnya akurasi pada *model machine learning* yang digunakan agar prediksi menjadi semakin akurat, desain alat masih terlalu besar, tidak fleksibel dan tidak *portable* untuk dibawa ke mana-mana.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dikembangkan sebuah alat prediksi cuaca dengan menggunakan model *machine learning* berdasarkan metode klasifikasi yang akurasinya lebih tinggi dari penelitian sebelumnya, serta dapat diintegrasikan pada sistem *Internet of Things* (IoT) dengan desain alat yang lebih *compact*, lebih fleksibel, lebih murah, dan lebih *portable* untuk ditempatkan dan dimonitoring diberbagai lokasi. Data cuaca yang digunakan berasal dari sumber resmi *dashboard website* NASA's POWER (*Prediction Of Worldwide Energy Resource*), dengan beberapa parameter penting seperti suhu, kelembaban udara, tekanan udara, dan kecepatan angin. Data ini diolah dan dianalisis menggunakan beberapa model pembelajaran mesin yang telah diuji seperti *random forest classifier*, *support vector machine* (SVM), *decision tree*, dan *gradient boosting*, dengan model terbaik yang dipilih berdasarkan tingkat akurasi. Melalui penelitian ini, diharapkan alat ini mampu dirancang lebih murah, lebih *compact*, fleksibel dan

lebih *portable* agar mudah ditempatkan dan dimonitoring di berbagai lokasi serta memiliki akurasi yang tinggi dalam memprediksi kondisi cuaca seperti cerah, berawan, hujan ringan, dan hujan lebat secara *real-time* berdasarkan informasi mengenai kelembaban, suhu, tekanan udara, dan kecepatan angin. Selain itu, alat ini juga diharapkan dapat terintegrasi pada sistem *Internet of Things* (IoT) untuk menampilkan hasil prediksi cuaca ke dalam *dashboard website* dan layar LCD TFT serta mampu memprediksi cuaca dalam kondisi tanpa jaringan *internet* sekalipun.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan analisis data kategorikal cuaca menggunakan algoritma *machine learning* untuk memprediksi kondisi cuaca?
2. Bagaimana meningkatkan akurasi model *machine learning* dalam memprediksi kondisi cuaca dengan metode yang tepat?
3. Bagaimana merancang dan mengintegrasikan alat prediksi cuaca kategorikal menggunakan sensor BME280 dan sensor anemometer dan memungkinkan pengambilan data secara otomatis tanpa ketergantungan pada laptop atau komputer ke dalam sistem IoT berbasis *Raspberry Pi 4B*?
4. Bagaimana dapat mengetahui prediksi cuaca jika tanpa koneksi internet?
5. Bagaimana melakukan evaluasi terhadap model *machine learning* yang dikembangkan?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mengembangkan model *machine learning* yang dapat menganalisis data kategorikal cuaca dan memprediksi kondisi cuaca dengan akurasi yang tinggi.
2. Menganalisis dan mengidentifikasi metode yang efektif untuk meningkatkan akurasi model *machine learning* dalam memprediksi kondisi cuaca.
3. Membangun alat ukur dan prediksi cuaca menggunakan sensor BME280 dan sensor Anemometer berbasis *Raspberry Pi 4B* untuk memprediksi kondisi cuaca secara *realtime* yang diintegrasikan dengan IoT.
4. Melakukan pengembangan terhadap sistem prediksi cuaca agar dapat memprediksi cuaca tanpa koneksi internet.
5. Melakukan analisis terhadap hasil pengukuran prediksi cuaca untuk mengevaluasi keakuratan dan kinerja model yang dikembangkan.

D. Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan, baik dari segi ilmu pengetahuan maupun praktis. Dalam ranah ilmu pengetahuan, penelitian ini memberikan wawasan lebih dalam tentang penggunaan algoritma *machine learning* untuk memprediksi kondisi cuaca, terutama dalam konteks data kategorikal, serta mengidentifikasi metode dan teknik yang efektif untuk meningkatkan akurasi model prediksi cuaca. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak, seperti petani, nelayan, dan masyarakat umum, dalam membuat keputusan yang lebih tepat terkait dengan cuaca. Selain itu, pengembangan solusi *Internet of Things* (IoT) berbasis *Raspberry Pi* untuk memprediksi kondisi cuaca secara *real-time* memungkinkan aplikasi dalam pengelolaan pertanian yang lebih efisien, perencanaan perjalanan yang lebih aman, serta dapat mengurangi ketergantungan pada perangkat komputer eksternal. Selain manfaat praktis, penelitian ini juga berpotensi memberikan dampak positif pada aspek sosial, ekonomi, lingkungan, dan teknologi. Alat ini dimonitoring via *dashboard website* berdasarkan masukan dari pengguna untuk mengetahui cuaca

hari ini serta dapat ditampilkan pada layar LCD TFT jika dalam kondisi tanpa jaringan *internet*.

