

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penguapan adalah elemen penting dalam proses hidrologi. Evaporasi merupakan penguapan yang bersumber dari permukaan air, tanah, dan bentuk permukaan lainnya yang bukan dari vegetasi melalui proses fisika (Gani et al., 2019). Unsur utama untuk proses penguapan terdapat pada jumlah radiasi matahari dan air.

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Geofisika Kelas I Bandung menggunakan panci penguapan terbuka kelas A untuk mengukur tingkat penguapan. Data yang diambil dari panci tersebut mencakup tinggi air dan suhu air. Pemantauan dari panci ini dilakukan oleh para pengamat serta dikombinasikan dengan alat pemantauan lainnya seperti *tipping bucket* untuk mengetahui dan memprediksi kondisi cuaca (Benny Hartanto et al., 2022).

Berdasarkan hasil wawancara bersama Pak Iit, staf klimatologi Stasiun Geofisika Kelas I Bandung, didapatkan bahwa saat proses pemantauan banyak tantangan yang muncul. Salah satunya adalah bagaimana memantau fluktuasi volume air dalam panci penguapan dengan segala kondisi cuaca yang ada, baik sedang hujan maupun sedang panas terik. Suhu air pun harus diperhatikan setiap harinya baik suhu terendah maupun suhu tertinggi selama waktu pemantauan. Tinggi air di dalam panci penguapan terbuka serta suhunya dicatat secara manual oleh pengamat setiap harinya sebelum pukul 07:00 WIB. Kemudian hasil pencatatan tersebut dihitung dan diolah hingga menghasilkan besar penguapan pada hari pemantauan tersebut. Oleh karena itu, sistem pemantauan panci penguapan otomatis berbasis IoT sangat dibutuhkan untuk memudahkan pengawasan dan keakurasian data pemantauan.

Penelitian-penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Gani et al. (2019) dan Dolf et al. (2024), telah mengembangkan sistem pemantauan ketinggian air dan suhu pada panci penguapan berbasis IoT. Sistem-sistem tersebut hanya berfokus pada pengukuran tinggi permukaan air serta suhu air, tanpa mengintegrasikan

model prediktif atau pemrosesan data lanjutan. Selain itu, pengamatan cuaca seperti curah hujan belum diolah untuk menghitung serta memprediksi penguapan. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi penting karena tidak hanya melakukan pemantauan otomatis, tetapi juga mengintegrasikan algoritma *machine learning* untuk memprediksi laju penguapan secara *real-time*, sehingga mampu meningkatkan efisiensi dan ketepatan dalam pengambilan keputusan di bidang klimatologi dan pengelolaan sumber daya air. Contohnya seperti mitigasi kemarau serta antisipasi kebutuhan perkebunan.

IoT adalah jaringan benda fisik seperti perangkat, instrumen, kendaraan, bangunan, dan benda-benda lain yang tertanam dengan elektronik, sirkuit, perangkat lunak, sensor, dan konektivitas jaringan yang memungkinkan benda-benda ini mengumpulkan serta bertukar data (Gokhale et al., 2018). IoT memungkinkan objek untuk diindra serta dikendalikan dari jarak jauh di seluruh infrastruktur jaringan yang ada, menciptakan peluang untuk integrasi yang lebih cepat dari dunia fisik ke dalam sistem berbasis komputer, dan menghasilkan efisiensi serta akurasi yang lebih baik.

Dengan memanfaatkan teknologi IoT untuk meringankan beban kerja petugas dalam mengukur dan memantau data penguapan, dibutuhkan suatu sistem yang mampu melakukan pemantauan otomatis terhadap ketinggian air, suhu air, serta curah hujan secara terus-menerus (Dolf et al., 2024). Sistem ini dirancang untuk bekerja secara *real-time*, memungkinkan data penting seperti curah hujan, suhu, dan ketinggian air disimpan secara terpusat pada sebuah *database* yang aman. Data ini kemudian dapat diakses melalui tampilan *mobile* dan web, sehingga petugas dan pihak terkait dapat melihat kondisi terkini, melakukan analisis, serta mengambil keputusan secara lebih cepat dan efisien. Dengan adanya tampilan yang dapat diakses kapan saja dan dari mana saja, sistem ini tidak hanya mempermudah proses pemantauan, tetapi juga meningkatkan akurasi data dalam mendukung pemantauan penguapan.

Tabel 1.1 Perbandingan Performa Algoritma

Matriks	<i>Random Forest</i>	<i>Decision Tree</i>	<i>Linear Regression</i>
MAE	0,54	1,49	1,61
RMSE	0,82	2,32	1,94
R ²	0,75	-0,12	0,21

Untuk meningkatkan akurasi dalam memprediksi besar penguapan secara otomatis, digunakan algoritma pembelajaran mesin *Random Forest*. Berdasarkan Tabel 1.1, algoritma *Random Forest* dipilih karena menunjukkan performa terbaik dibandingkan dengan algoritma *Decision Tree* dan *Linear Regression*. Hal ini terlihat dari nilai MAE (*Mean Absolute Error*) sebesar 0,54 dan RMSE (*Root Mean Square Error*) sebesar 0,82, yang keduanya merupakan nilai kesalahan prediksi paling rendah di antara ketiga algoritma. Selain itu, nilai R² *Random Forest* sebesar 0,75 menunjukkan bahwa model ini mampu menjelaskan 75% variasi data target, jauh lebih tinggi dibandingkan *Decision Tree* (-0,12) dan *Linear Regression* (0,21). Dengan demikian, *Random Forest* merupakan algoritma yang paling akurat dan andal dalam memprediksi data penguapan pada penelitian ini.

Algoritma ini merupakan metode *ensemble* yang membangun beberapa pohon keputusan (*decision tree*) dan menggabungkan hasil prediksinya untuk menghasilkan keluaran akhir yang lebih stabil dan akurat (Özen & Bal, 2019). Algoritma ini dipilih karena sering kali digunakan untuk memprediksi cuaca, karena memiliki akurasi tertinggi jika dibandingkan dengan *Decision Tree* dan *Naive Bayes* (Siregar et al., 2020).

Random Forest mampu menangani data non-linear serta mengurangi risiko *overfitting* dibandingkan model tunggal, karena proses pemodelannya melibatkan rata-rata prediksi dari banyak pohon (Singh et al., 2019). Penggunaan *Random Forest* dalam sistem ini memungkinkan pemodelan hubungan kompleks antara variabel lingkungan seperti suhu, curah hujan, dan lama penyinaran matahari terhadap penguapan sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih presisi.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

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

1. Bagaimana rancang bangun sistem pemantauan panci penguapan berbasis IoT?
2. Bagaimana efektivitas sistem pemantauan ini dalam mendukung proses pengelolaan data penguapan dibandingkan dengan metode manual?
3. Bagaimana implementasi algoritma *Random Forest* untuk memprediksi data penguapan?

1.3 Batasan Masalah Penelitian

Batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah C.
2. Aplikasi android hanya digunakan oleh petugas pengamat.
3. Tampilan web hanya tersedia untuk admin karena dilengkapi sandi.
4. Data disimpan satu jam sekali.
5. Sensor membaca lingkungan sepuluh detik sekali.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang bangun sistem pemantauan panci penguapan berbasis IoT.
2. Mengetahui efektivitas sistem pemantauan ini dalam mendukung proses pengelolaan data penguapan dibandingkan dengan metode manual.
3. Mengimplementasikan algoritma *random forest* untuk memprediksi data penguapan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapatkan dalam penulisan tugas akhir ini, di antaranya adalah:

1. Manfaat untuk BMKG

- a. Sistem IoT memungkinkan BMKG mendapatkan data penguapan secara *real-time* dengan akurasi tinggi sehingga akan meningkatkan kualitas prediksi cuaca dan iklim.
 - b. Pemantauan otomatis mengurangi ketergantungan pada pengukuran manual sehingga mempercepat proses perhitungan dan memperkecil biaya operasional.
 - c. Informasi penguapan yang akurat bermanfaat untuk perencanaan tata air, pertanian, dan mitigasi bencana alam.
2. Manfaat untuk Akademisi
- a. Memberikan referensi tentang penerapan IoT dalam pemantauan cuaca khususnya penguapan yang dapat memperkaya riset terkait teknologi IoT.
 - b. Algoritma *Random Forest* dalam sistem ini bisa diujikan dalam situasi lapangan, memperkuat keabsahan algoritma untuk aplikasi cuaca.
 - c. Sistem ini memberikan kontribusi nyata dalam ilmu cuaca yang dapat digunakan dalam publikasi baik nasional maupun internasional.
3. Manfaat untuk keilmuan selanjutnya
- a. Sistem ini dapat dikembangkan untuk aplikasi prediktif lainnya dalam meteorologi seperti pengukuran kelembapan tanah atau prediksi curah hujan.
 - b. Data dari IoT memberi kontribusi pada analisis data di meteorologi sehingga mendorong perkembangan metode analitik lanjutan.
 - c. Hasil implementasi *Random Forest* dapat menjadi dasar untuk eksplorasi algoritma AI lainnya dalam meningkatkan akurasi prediksi penguapan.

1.6 Struktur Organisasi Skripsi

Struktur penulisan skripsi ini berfungsi sebagai panduan agar penulisan lebih terstruktur dan sistematis. Oleh karena itu, skripsi ini dibagi ke dalam beberapa bab dengan susunan sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Pada pendahuluan berisi mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, Batasan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan struktur organisasi penelitian.

BAB II Kajian Pustaka

Pada kajian pustaka berisi penjelasan teori mengenai penelitian yang dilakukan, seperti pengertian dan penjelasan dari penguapan, penjelasan IoT, teori dasar tentang bahasa pemrograman C, Javascript, algoritma regresi linear, dan arduino. Pada bagian perangkat keras dijelaskan mengenai ESP-32, Sensor JSN-SR04T, Sensor DS18B20, dan *Tipping Bucket* TB3. Serta pada bagian perangkat lunak dibahas tentang Firebase, Google Sheet, dan MIT APP Inventor.

BAB III Metodologi Penelitian

Pada metode penelitian berisi tentang metode yang digunakan untuk merancang bangun sistem pemantauan panci penguapan berbasis IoT dan algoritma *Random Forest*. Studi literatur digunakan untuk pengumpulan data dan untuk perancangan alat menggunakan metode *Research and Development (R&D) ADDIE*.

BAB IV Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pada hasil penelitian dan pembahasan menjelaskan sistem pemantauan panci penguapan berbasis IoT dan algoritma *Random Forest* yang telah dibuat. Bab ini membahas tentang perancangan dan pembuatan perangkat dari segi *hardware* serta *software* yang digunakan. Hasil pengujian dari prototipe sistem pemantauan panci penguapan yang telah dibuat juga dijelaskan pada bab ini.

BAB V Kesimpulan dan Rekomendasi

Pada bab terakhir ini membahas kesimpulan serta rekomendasi dari hasil analisis penelitian yang telah penulis lakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Pada daftar pustaka berisi kumpulan referensi yang digunakan dalam penyusunan penelitian baik berupa buku, jurnal ilmiah, artikel, maupun sumber daring. Referensi ini digunakan sebagai landasan teori, acuan metodologi, dan pembandingan hasil penelitian.

LAMPIRAN

Pada lampiran memuat berbagai dokumen pendukung yang memperkuat hasil dan proses penelitian seperti data mentah pengamatan. Lampiran ini disertakan agar pembaca dapat meninjau secara lebih mendalam setiap tahapan dan hasil yang diperoleh selama penelitian berlangsung.