

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Konsumsi energi di gedung mewakili bagian signifikan dari penggunaan energi global mencapai sekitar 30% dari total konsumsi energi akhir di seluruh dunia dan 26% dari emisi terkait energi global[1]. Seiring dengan urbanisasi dan perkembangan ekonomi yang terus mendorong pembangunan dan penggunaan gedung, mengoptimalkan efisiensi energi menjadi sangat penting, tidak hanya untuk mengurangi biaya operasional tetapi juga untuk mengurangi dampak lingkungan, terutama emisi gas rumah kaca[2]. Hal ini menekankan pentingnya sistem manajemen energi yang efektif yang dapat meminimalkan pemborosan energi sekaligus memastikan kenyamanan penghuni.

Dalam konteks manajemen energi gedung, dua faktor utama yang mempengaruhi konsumsi energi adalah beban listrik total dan suhu lingkungan. Sistem HVAC, yang sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungan, dapat mengonsumsi hingga 30-61% dari total energi listrik gedung [3], [4]. Ketika suhu lingkungan meningkat, sistem pendingin udara memerlukan lebih banyak energi untuk mempertahankan suhu yang nyaman di dalam gedung, menciptakan hubungan yang erat antara kondisi lingkungan dan konsumsi energi total.

Prediksi beban energi telah muncul sebagai alat penting dalam manajemen energi, memungkinkan operator gedung untuk memproyeksikan permintaan energi di masa mendatang berdasarkan data historis, kondisi cuaca, pola hunian, dan faktor relevan lainnya. Prediksi yang akurat membantu mengoptimalkan penjadwalan penggunaan energi, mengurangi biaya permintaan puncak, dan meningkatkan integrasi sumber energi terbarukan [5]. Dengan memperkirakan kebutuhan energi dan mempertimbangkan pengaruh suhu lingkungan secara lebih akurat, gedung dapat menghindari kelebihan beban atau pemanfaatan sistem yang tidak optimal, yang mengarah pada efisiensi energi dan keberlanjutan yang lebih baik.

Perkembangan terbaru dalam analitik data, pembelajaran mesin, dan kecerdasan buatan telah merevolusi peramalan beban energi. Model prediktif, seperti jaringan saraf tiruan dan mesin vektor pendukung, telah menunjukkan janji signifikan dalam meningkatkan akurasi peramalan, terutama di gedung dengan pola penggunaan energi yang dinamis[6]. Model-model ini menganalisis sejumlah besar data untuk menangkap hubungan kompleks dan non-linear antara konsumsi energi, suhu lingkungan, dan parameter lain yang mempengaruhinya, menawarkan prediksi yang lebih andal dibandingkan metode statistik tradisional.

Penelitian ini terinspirasi dan bertujuan untuk melanjutkan upaya yang dilakukan dalam jurnal yang dibuat oleh Maman Abdurohman dan Aji Gautama Putrada, yang bernama "*Forecasting Model for Lighting Electricity Load with a Limited Dataset using XGBoost*". Dalam studi tersebut, dieksplorasi penggunaan XGBoost untuk memprediksi beban listrik pada sistem pencahayaan di sebuah gedung perkantoran PT Biofarma, Indonesia, dalam konteks pandemi COVID-19. Tantangan utama yang mereka hadapi adalah *dataset* yang sangat terbatas, yaitu hanya 244 data selama delapan bulan, serta sifat data yang non-stasioner akibat perubahan kebijakan kerja dari kantor (WFO) dan kerja dari rumah (WFH). Meskipun dengan keterbatasan tersebut, model XGBoost yang mereka usulkan menunjukkan performa terbaik dibandingkan metode lain seperti MLP, ARIMA, dan LSTM, dengan mencapai nilai MAPE sebesar 0,48[7].

Namun, meskipun penelitian tersebut telah memberikan kontribusi signifikan dalam metode peramalan untuk data terbatas dan non-stasioner, fokusnya secara spesifik adalah pada beban listrik sistem pencahayaan[7]. Hal ini membuka peluang untuk memperluas penerapan model agar dapat mencakup total konsumsi energi sebuah gedung, yang bebannya sering kali didominasi oleh sistem dinamis seperti pendingin udara (AC). Selain itu, model mereka dirancang sebagai respons terhadap situasi *dataset terbatas*; masih ada kebutuhan untuk sistem yang tidak hanya mampu melakukan prediksi berdasarkan data historis, tetapi juga dapat mengintegrasikan data lingkungan secara *realtime* untuk manajemen energi yang lebih responsif.

Penelitian penulis bertujuan untuk mengembangkan pendekatan yang telah divalidasi oleh Abdurohman dan Putrada[7] dengan memperluas cakupannya. Penelitian ini akan berfokus pada prediksi jangka pendek untuk total konsumsi listrik satu Gedung kampus, dengan secara eksplisit mengintegrasikan pengaruh suhu lingkungan sebagai fitur kunci. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang berfokus pada data historis terbatas, penelitian ini akan menggabungkan prediksi jangka pendek dengan data *realtime*. Hasil prediksi yang dihasilkan diharapkan dapat membantu merencanakan pemakaian listrik gedung secara lebih efisien, mengurangi lonjakan penggunaan listrik pada waktu tertentu dalam sehari dengan memberikan *insight* untuk pengelola gedung dalam penggunaan listrik gedung kampus.

1.2. Rumusan Masalah

- 1) Bagaimana mengembangkan model prediksi secara *realtime* jangka pendek menggunakan algoritma XGBoost dengan mengintegrasikan variabel konsumsi daya dan suhu lingkungan, dan berapa tingkat akurasi yang dapat dicapai?
- 2) Bagaimana mengoptimalkan parameter algoritma XGBoost untuk mencapai prediksi yang efektif dalam konteks beban listrik dan penggunaan AC gedung?

1.3. Tujuan

Dari latar belakang di atas, masalah yang akan dikaji adalah:

- 1) Untuk mengembangkan model prediksi beban listrik dengan target nilai MAPE kurang dari 48% menggunakan algoritma *machine learning* dengan parameter masukkan konsumsi daya dan suhu lingkungan.
- 2) Untuk menerapkan model prediksi yang dikembangkan ke dalam website sebagai tampilan utama untuk pengguna.

1.4. Manfaat Hasil Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

- 1) Membuat penggunaan listrik gedung lebih efisien.
- 2) Memiliki rencana dalam penggunaan energi listrik dalam jangka pendek.

- 3) Hasil prediksi dapat digunakan untuk pengambilan keputusan mengenai pemakaian perangkat listrik yang lebih baik.

1.5. Batasan Masalah

- 1) Data beban listrik akan diambil dari gedung bertingkat di kampus.
- 2) Data untuk algoritma prediksi hanya berupa riwayat penggunaan daya listrik dan suhu ambien lokal.
- 3) Komputer yang digunakan untuk lokal server menggunakan Ubuntu atau Windows

1.6. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah:

- 1) Studi literatur untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang keadaan saat ini dan menemukan kelemahan dalam sistem saat ini, tinjau literatur yang ada tentang pembelajaran mesin, metode prediksi, dan menampilkan hasil data yang baik.
- 2) Perancangan model *machine learning* yang digunakan untuk prediksi
- 3) Optimalisasi *hyperparameter* dan *training* model
- 4) Simulasi untuk menguji kinerja dan akurasi model
- 5) Implementasi model prediksi dalam sistem pengelolaan listrik gedung

1.7. Proyeksi Pengguna

Sistem prediksi konsumsi listrik yang dikembangkan ini dirancang untuk pengguna seperti berikut:

1. Gedung Kampus: Membantu pengelola gedung kampus untuk mengantisipasi beban listrik harian dan mingguan. Dengan proyeksi yang akurat, dapat dijadwalkan penggunaan aset bertenaga tinggi di luar jam puncak untuk mengoptimalkan biaya operasional.
2. RICO (*Residential, Industrial, Commercial, Office*): Membantu sektor komersial dan industri dalam merencanakan operasional harian untuk efisiensi yang lebih baik. Dengan proyeksi akurat, jadwal operasional alat listrik dapat diselaraskan dengan tarif listrik.