

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi terbarukan kini menjadi fokus utama dalam upaya global mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan menurunkan emisi karbon. Di antara berbagai jenis energi terbarukan, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi salah satu alternatif yang paling menjanjikan, terutama di wilayah tropis seperti Indonesia. Institut Teknologi Nasional Malang sebagai institusi pendidikan tinggi telah mulai memanfaatkan PLTS untuk mendukung efisiensi energi dan mewujudkan konsep kampus berkelanjutan[1].

Namun demikian, energi yang dihasilkan PLTS sangat bergantung pada variabilitas cuaca, intensitas radiasi matahari, dan kondisi lingkungan lainnya. Fluktuasi ini menyebabkan ketidakseimbangan antara daya yang dihasilkan dan dikonsumsi, yang pada akhirnya dapat mengganggu efisiensi sistem. Untuk itu, diperlukan metode prediksi daya yang mampu menangkap dinamika sistem secara akurat dan adaptif [2].

Alasan mengapa perlu dilakukan prediksi daya?. Prediksi daya menjadi hal yang sangat penting karena memungkinkan pengelola sistem untuk mengetahui besarnya energi yang akan dihasilkan maupun digunakan pada periode waktu tertentu. Dengan adanya prediksi, operator dapat merencanakan pengaturan beban listrik, serta strategi distribusi daya secara optimal. Selain itu, prediksi daya juga mendukung stabilitas jaringan listrik (*grid stability*), mengurangi risiko kelebihan atau kekurangan pasokan energi, serta membantu dalam perencanaan ekonomi energi dengan memperkirakan biaya operasi dan potensi penghematan. Pada skala kampus seperti ITN Malang, kemampuan memprediksi daya dapat mendukung kebijakan efisiensi energi dan pengelolaan sumber daya listrik secara berkelanjutan.

Prediksi daya yang dihasilkan dan digunakan sangat penting untuk pengelolaan sistem kelistrikan agar optimal, seperti pengaturan beban, penyimpanan energi, dan perencanaan distribusi listrik. Dengan prediksi yang akurat, sistem PLTS dapat beroperasi lebih efisien dan andal.

Metode *AutoRegressive Integrated Moving Average* (ARIMA) merupakan salah satu pendekatan statistik klasik dalam analisis deret waktu. ARIMA menggabungkan tiga komponen utama: *autoregressive* (AR), *differencing* (I), dan *moving average* (MA), dan bekerja dengan sangat baik pada data stasioner dan linier. Meskipun demikian, ARIMA memiliki keterbatasan

dalam memodelkan hubungan non-linear dan dalam menghadapi fluktuasi yang dipengaruhi faktor eksternal seperti cuaca[3].

Sebagai alternatif, *Neural Network* (NN) telah digunakan secara luas dalam prediksi energi karena kemampuannya menangani hubungan non-linear dan kompleks antar variabel. NN bekerja dengan memodelkan jaringan saraf tiruan yang belajar dari data historis. Kelebihannya terletak pada fleksibilitas model, namun membutuhkan jumlah data besar dan proses pelatihan yang intensif [4].

Metode *Random Forest Regression* (RFR) juga menjadi pilihan populer dalam prediksi karena menggabungkan banyak pohon keputusan secara ensemble. RFR unggul dalam mengatasi data yang kompleks dan bervariasi, serta mengurangi risiko overfitting. Namun, sebagai model yang tidak secara spesifik didesain untuk deret waktu, RFR perlu perlakuan tambahan untuk menangkap informasi temporal [5].

Untuk prediksi data deret waktu yang lebih kompleks dan memiliki ketergantungan jangka panjang, digunakan *Long Short-Term Memory* (LSTM). LSTM merupakan bagian dari *Recurrent Neural Network* (RNN) yang mampu menyimpan informasi jangka panjang dalam proses pelatihan. Keunggulan LSTM adalah kemampuannya mengatasi masalah vanishing gradient dan menangkap pola musiman dalam data deret waktu, menjadikannya sangat cocok untuk prediksi daya PLTS [6].

Sebagai pelengkap pendekatan berbasis data, digunakan pula simulasi sistem energi menggunakan software HOMER (*Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources*). HOMER memungkinkan pengguna untuk menganalisis konfigurasi sistem energi secara teknis dan ekonomis, memperhitungkan kapasitas penyimpanan, biaya, serta integrasi berbagai sumber energi. Simulasi ini penting untuk mewujudkan sistem PLTS yang optimal dalam berbagai skenario [7].

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada upaya untuk menentukan metode terbaik dalam memprediksi daya keluaran PLTS dengan membandingkan performa beberapa pendekatan, yaitu ARIMA, Neural Network, *Random Forest Regression*, dan LSTM. Dengan perbandingan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat menemukan model yang paling akurat dan efisien dalam memprediksi daya PLTS di lingkungan kampus. Hasil penelitian ini tidak hanya memberikan pemahaman tentang karakteristik data daya surya, tetapi juga menjadi acuan dalam pengembangan sistem manajemen energi terbarukan yang lebih cerdas dan adaptif.

Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap pengelolaan energi terbarukan yang lebih efisien, andal, dan berkelanjutan di lingkungan kampus maupun sektor lain yang lebih luas.

Melalui kombinasi pendekatan statistik, machine learning, dan simulasi energi, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performa berbagai metode dalam memprediksi daya pada sistem PLTS di Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengelolaan energi terbarukan yang lebih efisien, andal, dan berkelanjutan di lingkungan kampus maupun sektor lain yang lebih luas.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana prediksi daya yang dihasilkan dan digunakan oleh PLTS di Institut Teknologi Nasional Malang menggunakan metode ARIMA, NN, RFR, dan LSTM?
2. Metode prediksi mana yang memberikan hasil paling akurat?
3. Bagaimana simulasi sistem PLTS dengan menggunakan software HOMER dalam konteks efisiensi dan kelayakan implementasi?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan prediksi daya listrik yang dihasilkan dan digunakan oleh PLTS menggunakan metode ARIMA, NN, RFR, LSTM dan simulasi HOMER
2. Menganalisis dan membandingkan akurasi dari masing-masing metode prediksi.
3. Mensimulasikan performa sistem PLTS menggunakan software HOMER untuk mendapatkan skenario operasional yang optimal.

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan gambaran akurat mengenai produksi dan konsumsi daya PLTS di lingkungan kampus.
2. Menjadi referensi dalam pemilihan metode prediksi energi yang sesuai dengan karakteristik data lokal.
3. Menyediakan informasi teknis dan ekonomis yang berguna dalam perencanaan dan pengembangan sistem energi terbarukan di institusi pendidikan.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian hanya dilakukan pada PLTS di lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Data yang digunakan adalah data historis bulanan selama tiga tahun terakhir (Januari 2021 – Desember 2023).
3. Analisis difokuskan pada lima metode utama, yaitu ARIMA, *Neural Network* (NN), *Random Forest Regression* (RFR), *Long Short-Term Memory* (LSTM) serta simulasi *software* HOMER.
4. Simulasi dilakukan menggunakan *software* HOMER.

1.5. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1.5.1 Pengumpulan Data dan Analisis Data

1. Berikut adalah data yang diperlukan untuk mendukung analisis dalam penelitian ini:
 - a. Daya output PLTS (kW) : jumlah daya listrik yang dihasilkan setiap jam/hari.
 - b. Energi yang dihasilkan (kWh) : total energi yang dihasilkan dalam periode tertentu.
 - c. Irradiansi matahari (W/m^2) : tingkat radiasi matahari yang diterima panel.
 - d. Suhu panel surya ($^{\circ}\text{C}$) : memengaruhi efisiensi konversi energi.
 - e. Suhu udara lingkungan ($^{\circ}\text{C}$) : mendukung analisis performa panel.
 - f. Pola konsumsi energi listrik (kWh) beban energi kampus per jam/hari.
 - g. Durasi penyinaran matahari (jam) lamanya matahari menyinari panel setiap hari.
 - h. Tegangan dan arus listrik (Volt & Ampere) – untuk memantau performa sistem.
 - i. Data cuaca harian seperti cerah, berawan, hujan untuk klasifikasi kondisi.
 - j. Data teknis sistem PLTS – kapasitas panel, inverter, dan efisiensi komponen.

2. Penggunaan Data

Data-data tersebut akan digunakan dalam analisis prediksi daya yang dihasilkan dan digunakan oleh plts.

1.5.2 Interpretasi Hasil

Menganalisis hasil untuk menjawab pertanyaan penelitian. Dan menarik kesimpulan terkait hasil. Interpretasi hasil penelitian ini dilakukan berdasarkan analisis dari lima metode utama yang diterapkan.

1.5.3 Metode Diskusi

Metode ini dilakukan untuk mendiskusikan mengenai interpretasi dari hasil penelitian pada studi literatur dan penelitian terdahulu. Metode diskusi ini bisa dilakukan dengan dosen pembimbing, teman mahasiswa, dan pihak instansi terkait yang berpengalaman pada bidang ini.

1.5.4 Penyusunan Laporan

Tahap ini merupakan tahap terakhir dari skripsi. Melakukan penyusunan laporan yang dilakukan dengan mengumpulkan dokumentasi dan melakukan penulisan laporan skripsi.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1.6.1

Bab 1 : Pendahuluan

Bab ini akan membahas mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan. Fokus utama bab ini adalah untuk menjelaskan maksud dan tujuan dari penelitian ini.

1.6.2

Bab 2 : Teori Penunjang

Pada bab ini menjelaskan mengenai penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian. Materi penunjang yang didapatkan dari karya ilmiah seperti jurnal, paper, skripsi atau penelitian terdahulu.

1.6.3

Bab 3 : Metode Penelitian

Pada bab metode penelitian akan diuraikan mengenai tahapan – tahapan penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi ini yang meliputi diagram blok sistem, objek penelitian, perancangan sistem dan data penelitian.

1.6.4

Bab 4 : Hasil Penelitian dan Analisa

Pada bab ini berisikan tentang pembahasan data dan analisa data dari hasil penelitian yang didapatkan dari lokasi serta hasil pengolahan data yang berupa hasil perhitungan yang dianalisa pada penelitian.

1.6.5

Bab 5 : Penutup

Bab terakhir ini akan membahas tentang kesimpulan hasil penelitian dan saran untuk penelitian di masa depan.