

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dunia saat ini menghadapi dua tantangan utama: meningkatnya permintaan energi akibat pertumbuhan penduduk dan ekonomi, serta dampak perubahan iklim yang disebabkan oleh emisi gas rumah kaca dari pembakaran bahan bakar fosil. Ketergantungan terhadap energi fosil telah memperparah krisis lingkungan global, sehingga mendorong transisi menuju sumber energi bersih dan berkelanjutan [1]. Dalam konteks tersebut, energi surya muncul sebagai salah satu solusi paling menjanjikan karena mampu mengonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung melalui panel photovoltaic (PV). Sebagai negara tropis yang berada di garis khatulistiwa, Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat besar, dengan rata-rata penyinaran matahari mencapai 4-5,5 kWh/m² per hari.

Meskipun memiliki potensi yang tinggi, daya keluaran panel surya tidak bersifat konstan dan sangat dipengaruhi oleh variabel meteorologi serta kondisi lingkungan yang berubah secara cepat. Parameter seperti intensitas radiasi matahari, suhu lingkungan, suhu permukaan panel, kelembapan, hingga partikel debu terbukti memengaruhi kinerja PV [2]. Di negara tropis dengan dua musim seperti Indonesia, fenomena cuaca ekstrem, misalnya awan tebal yang muncul secara tiba-tiba atau hujan berintensitas tinggi, dapat menyebabkan perubahan daya keluaran PV yang drastis. Variabilitas ini berdampak pada stabilitas sistem penyimpanan dan pembangkit listrik tenaga surya, serta dapat mengganggu keseimbangan pasokan beban, memperlambat prediksi kebutuhan energi, dan meningkatkan ketergantungan pada pembangkit konvensional. Permasalahan serupa turut dialami oleh instalasi PLTS rooftop pada Gedung Laboratorium Terpadu Universitas Muhammadiyah Surabaya, di mana daya keluaran panel surya tidak dapat diprediksi secara konsisten akibat perubahan kondisi cuaca urban pesisir Kota Surabaya yang dinamis.

Sejumlah penelitian telah menunjukkan bahwa pendekatan berbasis kecerdasan buatan, khususnya Artificial Neural Network (ANN), sangat efektif dalam menangani hubungan nonlinier antara variabel cuaca dan daya keluaran PV [3]. Penerapan algoritma Backpropagation pada ANN mampu mencapai akurasi hingga 99,81% dengan nilai MSE sebesar 0,0113 [4]. Sementara, arsitektur ANN-RBF mampu menghasilkan akurasi hingga 99,98% [5]. Tapi, ANN-RBF membutuhkan data pelatihan dalam jumlah besar dan penentuan parameter spread yang rumit, sehingga rawan overfitting

jika diterapkan pada dataset cuaca lokal yang terbatas. Oleh karena itu, algoritma Backpropagation dipilih karena lebih stabil dan fleksibel terhadap keterbatasan data. Dalam penelitian ini, proses pelatihan Backpropagation dioptimasi menggunakan algoritma Levenberg-Marquardt (LM) untuk mempercepat konvergensi dan meningkatkan akurasi model. Penelitian lain juga menegaskan pentingnya memasukkan parameter seperti polusi udara, kecepatan angin, suhu, dan kelembapan untuk meningkatkan kinerja model prediksi jangka pendek [6]. Meskipun demikian, masih terdapat kesenjangan penelitian karena belum banyak studi yang mengintegrasikan data cuaca lokal Indonesia secara komprehensif ke dalam model ANN yang dioptimalkan untuk kondisi tropis, padahal setiap wilayah memiliki pola cuaca yang unik dan sangat dinamis.

Kondisi tersebut menjadi dasar perlunya penelitian yang memanfaatkan data cuaca lokal aktual untuk menghasilkan model prediksi daya yang lebih representatif terhadap kondisi geografis Indonesia. Pendekatan ANN memungkinkan sistem mempelajari hubungan kompleks antar parameter cuaca tanpa memerlukan model fisik yang rumit serta mampu melakukan pembelajaran dan penyesuaian terhadap perubahan data secara berkelanjutan.

Meskipun Gedung Laboratorium Terpadu Universitas Muhammadiyah Surabaya telah memiliki instalasi PLTS rooftop yang aktif dengan luas atap 210 m², kebutuhan beban harian mencapai 482.148,8 Wh, dan potensi radiasi rata-rata sebesar 4,575 kWh/m²/hari [7], hingga saat ini belum terdapat sistem yang mampu memprediksi daya keluaran panel surya secara harian dan adaptif terhadap perubahan cuaca aktual. Perhitungan kapasitas dan kelayakan sistem pada kajian sebelumnya masih dilakukan secara teknis-ekonomis berdasarkan pendekatan yang bersifat umum, sehingga pengelolaan energi pada gedung tersebut masih bersifat reaktif dan berisiko terhadap stabilitas pasokan daya maupun efisiensi pemanfaatan PLTS yang telah terpasang. Kondisi ini menjadikan gedung tersebut sebagai lokasi yang strategis dan relevan untuk pengembangan model prediksi daya PV berbasis ANN yang kontekstual, karena data lapangan yang tersedia dapat langsung dimanfaatkan untuk membangun model yang representatif terhadap kondisi cuaca urban pesisir tropis, dan dapat diimplementasikan pula dalam sistem PLTS skala kampus maupun kawasan urban tropis lainnya.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penerapan ANN pada Gedung Laboratorium Terpadu menjadi relevan karena mampu mempelajari pola nonlinier dari data cuaca dan daya keluaran aktual gedung tersebut, tanpa memerlukan pemodelan fisik yang kompleks. Penelitian ini bertujuan

mengembangkan, menerapkan, dan mengevaluasi model prediksi daya PV berbasis jaringan syaraf tiruan dengan memanfaatkan data cuaca lokal dari Gedung Laboratorium Terpadu Universitas Muhammadiyah Surabaya. Pendekatan ini didasarkan pada fenomena, permasalahan, dan temuan penelitian terdahulu yang menegaskan pentingnya pemodelan non-linier dalam memetakan hubungan antara variabel cuaca dan keluaran daya panel surya. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi arsitektur ANN yang paling optimal untuk menganalisis variabel meteorologi lokal, sehingga mampu menghasilkan prediksi daya keluaran harian panel surya yang akurat dan tepat waktu. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi atas permasalahan fluktuasi daya PV di Gedung Laboratorium Terpadu, sekaligus memberikan kontribusi nyata dalam pengelolaan serta optimalisasi energi terbarukan, dan memperkuat integrasi PLTS yang lebih stabil, efisien, dan adaptif dalam sistem energi Indonesia.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana rancangan arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan (*Artificial Neural Network* - ANN) dapat dioptimalkan untuk memprediksi daya keluaran yang dihasilkan panel surya berbasis data cuaca lokal di Laboratorium Terpadu?
2. Bagaimana pengaruh kondisi cuaca lokal seperti radiasi matahari, suhu modul dan suhu lingkungan terhadap daya keluaran panel surya di Laboratorium Terpadu.
3. Bagaimana rekomendasi operasional sistem PLTS rooftop Laboratorium Terpadu dapat disusun berdasarkan hasil prediksi model ANN dan perbandingannya terhadap data aktual lapangan?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai penulis sebagai berikut:

1. Mengembangkan dan merancang arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan (ANN) yang efektif untuk memprediksi daya keluaran Panel Surya berdasarkan data cuaca spesifik di lokasi studi.
2. Menganalisis pengaruh variabel cuaca lokal seperti intensitas radiasi matahari, suhu modul, dan suhu lingkungan terhadap daya keluaran panel surya di Laboratorium Terpadu
3. Menyusun rekomendasi operasional sistem, manajemen beban energi, dan strategi pemeliharaan pada PLTS rooftop Laboratorium Terpadu berdasarkan hasil analisis perbandingan

antara prediksi model ANN terbaik dengan data aktual di lapangan.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat akademis maupun praktis. Ini dapat menambah literatur tentang penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan (ANN) untuk menilai kinerja harian panel surya menggunakan data lokal. Karya ini juga dapat berfungsi sebagai referensi untuk studi di masa depan dalam energi terbarukan dan energi bangunan. Pada tingkat praktis, temuan ini dapat membantu memperkirakan potensi panel surya berdasarkan kondisi saat ini di Laboratorium Terpadu. Mereka dapat mendukung perencanaan dan pengelolaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan memandu evaluasi kinerja sistem dengan membandingkan hasil model prediksi Jaringan Syaraf Tiruan (ANN) dengan data waktu nyata dan Atlas Surya Global.

1.5. Batasan Masalah

1. Objek penelitian terbatas pada prediksi daya keluaran Panel Surya (*Solar Photovoltaic*) jenis *Polycrystalline Silicon* (Poly-Si) di Laboratorium Terpadu UM SURA.
2. Penggunaan data *input* yang dikumpulkan pada lokasi studi kasus selama periode waktu satu tahun penuh, yang secara spesifik harus mencakup variabilitas kinerja panel surya selama dua musim, yaitu Musim Hujan dan Musim Kemarau.
3. Variabel *input* yang digunakan terbatas pada data cuaca lokal yang meliputi intensitas radiasi matahari (*irradiance*), suhu lingkungan, suhu permukaan PV, dan waktu pengukuran. Variabel non-cuaca lainnya (seperti polusi atau kelembaban) tidak menjadi fokus utama *input*, kecuali jika ketersediaan data memungkinkan.
4. Dataset cuaca diperoleh dari *Global Solar Atlas 2025* pada koordinat lokasi penelitian selama tahun 2025. Data berbentuk profil harian rata-rata bulanan per jam dengan total 288 data (24 jam x 12 bulan)

1.6. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisikan dasar – dasar teori yang mendukung didasarkan hasil literatur dan jurnal.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan tentang metode penelitian, lokasi dan waktu penelitian dan diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan bagaimana data diolah dan bagaimana data tersebut dibahas beserta analisisnya

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi ringkasan hasil utama penelitian yang menjawab rumusan masalah dan rekomendasi untuk penelitian lanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan tentang sumber – sumber maupun buku – buku yang digunakan sebagai referensi atau acuan dalam penyusunan skripsi atau tugas akhir.

