

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, sektor energi dunia menghadapi tantangan besar dalam hal efisiensi, keberlanjutan, dan pengelolaan konsumsi energi. Salah satu upaya untuk mengatasi tantangan tersebut adalah dengan penerapan Sistem Pengawasan dan Pengendalian (SCADA) yang memanfaatkan teknologi terkini, seperti Raspberry Pi dan kecerdasan buatan (AI). SCADA merupakan sistem yang digunakan untuk memonitor dan mengontrol infrastruktur energi, seperti pembangkit listrik, jaringan distribusi, dan sistem energi terbarukan.

Namun, meskipun SCADA telah terbukti efektif, banyak sistem SCADA yang konvensional membutuhkan biaya tinggi dan sulit diterapkan pada skala kecil atau daerah dengan sumber daya terbatas. Untuk mengatasi hal tersebut, sistem SCADA berbasis Raspberry Pi muncul sebagai solusi alternatif yang lebih murah dan fleksibel. Raspberry Pi, sebagai platform komputer kecil dan hemat biaya, memungkinkan pengembangan sistem SCADA yang lebih terjangkau, namun tetap efisien dalam pemantauan dan pengendalian energi.

Selain itu, kecerdasan buatan (AI), terutama dalam bentuk algoritma optimasi seperti Algoritma Genetika, dapat membantu mengoptimalkan penjadwalan beban energi. AI dapat memproses data secara cepat dan akurat, memungkinkan penyesuaian beban energi secara real-time untuk menghindari pemborosan atau kekurangan pasokan energi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan rancangan dan prototipe sistem SCADA (deployable pada Raspberry Pi) yang terintegrasi dengan optimasi penjadwalan beban menggunakan Genetic Algorithm (GA) untuk meningkatkan efisiensi energi pada sistem PV terhubung grid. Pengujian dilakukan melalui simulasi berbasis dataset time-series, dengan metrik utama berupa penurunan energi impor grid, peningkatan PV utilization, serta evaluasi profil beban (PAR) sebagai indikator perataan beban.

Meskipun SCADA dan AI telah banyak diterapkan di berbagai sektor, integrasi keduanya dalam sistem kelistrikan terbarukan dengan platform Raspberry Pi masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada penerapan teknologi tersebut untuk menciptakan solusi yang lebih efisien dan ekonomis, serta mendukung pengelolaan energi yang lebih cerdas di masa depan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, terdapat beberapa permasalahan yang dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Kurangnya pemanfaatan teknologi open-source seperti Raspberry Pi, Node-RED, dan Algoritma Genetika dalam pengelolaan sistem energi rumah tangga berbasis PLTS.
2. Belum diterapkannya metode optimasi penjadwalan beban yang adaptif terhadap ketersediaan energi surya secara real-time, mengingat fluktuasi pasokan energi yang bergantung pada cuaca dan waktu.
3. Belum tersedianya platform integrasi yang dapat memvisualisasikan hasil optimasi dan monitoring secara efisien, yang memudahkan pengambilan keputusan dalam pengelolaan energi rumah tangga.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah disebutkan, terdapat beberapa permasalahan yang dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem SCADA menggunakan Node-RED yang terintegrasi untuk manajemen energi rumah?
2. Bagaimana mengimplementasikan Algoritma Genetika (GA) dalam sistem SCADA untuk optimasi penjadwalan beban?
3. Bagaimana kinerja sistem SCADA yang telah dibuat dalam melakukan monitoring dan kontrol beban secara real-time?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah didapatkan, maka tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengembangkan rancangan dan prototipe sistem SCADA (deployable pada Raspberry Pi) yang terintegrasi dengan AI untuk optimasi penjadwalan beban energi.
2. Menganalisis efektivitas penggunaan algoritma optimasi AI dalam penjadwalan beban energi dan perbandingannya dengan metode tradisional.
3. Menilai pengaruh integrasi SCADA dan GA terhadap penghematan energi dan efisiensi operasional dalam pengelolaan energi terbarukan.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan tujuan yang telah didapat, terdapat beberapa hal yang perlu dibatasi sebagai berikut:

1. Beban yang dikendalikan terbatas pada perangkat rumah tangga yang bisa di jadwalkan secara otomatis.
2. Penjadwalan optimasi dilakukan dalam rentang waktu 24 jam (harian) dan tidak mencakup prediksi jangka panjang atau faktor cuaca dalam optimasi.
3. Protokol komunikasi sensor dan perangkat monitoring dibatasi pada Modbus RTU/TCP sesuai dengan kompatibilitas sistem yang digunakan.
4. Penelitian ini tidak mencakup implementasi sistem SCADA pada skala industri besar, melainkan berfokus pada skala rumah tangga dan industri kecil.
5. Pengujian sistem hanya dilakukan pada skala kecil atau simulasi menggunakan data yang tersedia dari sistem energi terbarukan untuk mengukur kinerja dan efisiensi sistem (simulasi berbasis dataset) tanpa melibatkan perangkat keras fisik.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperoleh gambaran yang mudah dimengerti dan komprehensif mengenai isi dalam penulisan tesis ini, secara global dapat dilihat dari sistematika pembahasan tesis di bawah ini:

BAB I : PENDAHULUAN Pada bab ini akan menjelaskan latar belakang permasalahan mengenai inefisiensi konsumsi energi rumah tangga, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan. Bab ini juga memberikan gambaran umum tentang urgensi pengembangan simulasi sistem manajemen energi cerdas berbasis integrasi SCADA dan *Artificial Intelligence*.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA Pada bab ini memuat landasan teori dan studi terdahulu yang relevan, meliputi konsep dasar *Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)*, manajemen energi pada *Smart Home*, karakteristik beban listrik rumah tangga, serta penerapan Algoritma Genetika (*Genetic Algorithm*) sebagai metode optimasi penjadwalan beban dalam lingkungan simulasi.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN Pada bab ini dijelaskan rancangan sistem simulasi secara rinci. Pembahasan berfokus pada arsitektur perangkat lunak, perancangan flow Node-RED sebagai simulator SCADA, serta pemodelan beban listrik. Bab ini juga menjabarkan integrasi skrip Python untuk Algoritma Genetika, penentuan parameter simulasi, fungsi fitness, serta skenario pengujian yang digunakan untuk memvalidasi sistem tanpa melibatkan perangkat keras fisik.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN Pada bab ini disajikan hasil simulasi dan analisis data. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan energi impor grid, PV utilization, dan profil beban antara skenario tanpa penjadwalan (baseline) dan skenario dengan penjadwalan cerdas. Analisis difokuskan pada performa algoritma dalam menghasilkan solusi optimal, efisiensi waktu komputasi, serta efektivitas penurunan energi impor grid sebagai indikator efisiensi.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN Pada bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil simulasi serta saran untuk pengembangan selanjutnya, seperti validasi model dengan perangkat keras riil di masa depan atau penambahan variabel kompleksitas lain dalam simulasi.