

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan vital dalam menunjang berbagai aktivitas manusia, termasuk di sektor industri, rumah tangga, dan Pendidikan [1]. Namun, peningkatan kebutuhan listrik tidak selalu diikuti dengan ketersediaan pasokan yang stabil dan handal, terutama di wilayah yang belum terjangkau jaringan listrik secara optimal [2]. Kondisi ini mendorong pentingnya pemanfaatan energi terbarukan yang lebih berkelanjutan dan mudah diimplementasikan di berbagai lingkungan, termasuk di SMK.

Salah satu bentuk energi terbarukan yang memiliki potensi besar adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Di dunia Pendidikan khususnya SMK, penerapan PLTS tidak hanya bermanfaat untuk efisiensi energi, tetapi juga bernilai strategis sebagai media pembelajaran kontekstual, karena memungkinkan siswa mempelajari teknologi energi bersih melalui praktik langsung. Pelatihan dan edukasi tentang instalasi panel surya terbukti meningkatkan literasi energi dan kesadaran lingkungan peserta didik [1]. Penelitian lain menunjukkan bahwa implementasi PLTS Off-Grid di sekolah dapat mendorong kemandirian energi sekaligus memperkaya pembelajaran berbasis proyek [2].

Meskipun demikian, penerapan PLTS di sekolah sering menghadapi kendala berupa minimnya sistem pemantauan kinerja (monitoring). Tanpa monitoring yang memadai, penurunan performa sistem sering tidak terdeteksi, proses evaluasi menjadi sulit, dan manfaat edukatifnya tidak optimal. Karena itu, integrasi Internet of Things (IoT) dalam sistem PLTS menjadi kebutuhan penting untuk menyediakan pemantauan parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, dan energi secara real-time. Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem smart monitoring berbasis IoT mampu meningkatkan efektivitas pemeliharaan dan efisiensi energi PLTS secara signifikan [3]. Temuan serupa juga dilaporkan berhasil mengembangkan monitoring PLTS Off-Grid menggunakan ESP32 untuk pemantauan di lapangan selaras dengan tuntutan pendidikan

di SMK yang menekankan kompetensi teknis dan digitalisasi sistem energi surya (PLTS) [4], [5],

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berfokus pada pengembangan model dan sistem monitoring PLTS Off-Grid berkapasitas 1,2 kWp yang dilengkapi dengan pemantauan berbasis IoT, serta penerapannya sebagai sarana edukasi energi terbarukan di SMKN 1 Majalaya. Sistem yang dirancang diharapkan tidak hanya berfungsi sebagai pembangkit energi, tetapi juga sebagai media pembelajaran yang dapat direplikasi di sekolah.

1.2 Identifikasi Masalah

Penelitian ini mengidentifikasi beberapa masalah utama dalam pengembangan model dan sistem monitoring PLTS Off-Grid untuk edukasi energi terbarukan, sebagai berikut:

1. Permasalahan Suplai Energi di Sekolah

Ketergantungan pada pasokan listrik dari jaringan PLN yang tidak selalu mencukupi menghambat kelancaran aktivitas pembelajaran di SMKN 1 Majalaya, terutama untuk pengajaran berbasis teknologi dan energi terbarukan.

2. Kebutuhan Pemantauan Kinerja Sistem

PLTS yang diinstal di SMKN 1 Majalaya membutuhkan pemantauan terus-menerus untuk memastikan kinerjanya tetap optimal. Tanpa sistem monitoring yang efektif, pengelola kesulitan mendeteksi gangguan atau penurunan performa.

3. Tantangan Integrasi IoT

Integrasi IoT untuk monitoring PLTS Off-Grid di SMKN 1 Majalaya menghadapi tantangan dalam pemilihan perangkat yang tepat, dan efektif antara sensor dan modul

PLTS, serta pengolahan data secara efektif. Aspek keamanan data dan kestabilan koneksi juga menjadi tantangan penting dalam implementasi IoT untuk sistem monitoring.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja harian PLTS Off-Grid 1,2 kWp di SMKN 1 Majalaya berdasarkan parameter tegangan, arus, daya, dan energi?
2. Bagaimana akurasi dan kestabilan sistem monitoring berbasis IoT dibandingkan dengan pengukuran manual?
3. Bagaimana menilai efisiensi sistem PLTS berdasarkan hasil pengukuran lapangan, data simulasi helioscope, dan iradiasi lokasi (GSA).

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan, antara lain:

1. Menganalisis kinerja listrik PLTS Off-Grid 1,2 kWp melalui pengukuran manual dan data monitoring harian.
2. Membandingkan hasil pemantauan IoT dengan pengukuran manual untuk menilai akurasi dan kestabilan data.
3. Menilai efisiensi sistem PLTS berdasarkan data lapangan, simulasi Helioscope, dan iradiasi GSA.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- Manfaat Akademis: Sebagai referensi dalam pengembangan sistem PLTS Off-Grid dan penerapan *IoT* dalam pendidikan, yang dapat memperkaya literatur di bidang energi terbarukan dan teknologi pemantauan berbasis *IoT*.
- Manfaat Praktis: Memberikan kontribusi dalam edukasi siswa mengenai energi terbarukan dan teknologi *IoT*, serta mendukung pemeliharaan sistem PLTS di lingkungan sekolah melalui pemantauan real-time yang lebih efektif.

1.6 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penelitian, ruang lingkup masalah dibatasi sebagai berikut:

- Kapasitas sistem PLTS yang dirancang adalah 1,2 kWp Off-Grid, menggunakan enam modul surya berdaya 200 Wp.
- Penelitian dilakukan di SMKN 1 Majalaya, Kabupaten Bandung, sebagai lokasi studi kasus dengan periode pemantauan yang dibatasi.
- Fokus monitoring hanya mencakup parameter tegangan, arus, daya, dan energi.
- Sistem *IoT* menggunakan sensor PZEM-004T dan mikrokontroler ESP32 dengan protokol HTTP

1.7 Sistematika Penulisan

Penulisan tesis ini dibagi menjadi lima bagian dengan tujuan untuk menyampaikan langkah-langkah yang akan dilakukan penulis dalam pelaksanaan penelitian dengan pembagian bab sebagai berikut:

Bab I. Pendahuluan, yang menjelaskan latar belakang masalah, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan

Bab II. Tinjauan Pustaka, memuat konsep energi terbarukan dan PLTS, Sistem PLTS *off grid*, *Internet of Things (IoT)* untuk monitoring energi, penelitian terkait (*State of the art*), landasan teori dan perhitungan.

Bab III. Metodologi penelitian, menjelaskan mengenai lokasi dan waktu penelitian, alur penelitian (flowchart), Perancangan sistem PLTS *off-grid*, perancangan sistem monitoring IoT, implementasi, pengumpulan data, metode analisis data.

Bab IV. Hasil dan pembahasan, menjelaskan tentang hasil perancangan PLTS *off-grid*, hasil implementasi sistem monitoring *IoT*, data pengujian sistem, analisis hasil, pembahasan.

Bab V. Penutup, menjelaskan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang diperoleh.