

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam proses pembelajaran PLTS, kegiatan praktikum memiliki peranan yang sangat penting untuk memahami konsep secara langsung melalui pengalaman eksperimen. Salah satu kompetensi dasar yang harus dikuasai adalah pemahaman konfigurasi rangkaian panel surya, khususnya rangkaian seri dan paralel, serta pengaruhnya terhadap tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan. Namun, pada kenyataannya banyak institusi pendidikan masih mengalami keterbatasan alat praktikum PLTS yang memadai, baik dari segi jumlah, fleksibilitas, maupun kesesuaian dengan kebutuhan pembelajaran.

Di seluruh dunia, penggunaan energi terbarukan seperti tenaga surya telah meningkat secara signifikan. Laporan terbaru menunjukkan bahwa tenaga surya menjadi salah satu sumber energi tercepat pertumbuhannya di banyak negara. Di Indonesia, pemerintah berkomitmen untuk meningkatkan kontribusi energi terbarukan dalam bauran energi nasional menjadi 23% pada tahun 2025, termasuk tenaga surya (Silalahi dkk., 2024). Ini menjadi bagian dari target global untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan mencapai pembangunan berkelanjutan.

Pembangkit energi terbarukan menjadi salah satu isu yang semakin populer di Indonesia. Untuk mendukung kebutuhan listrik manusia, energi terbarukan dimanfaatkan dengan menggunakan berbagai sumber energi, salah satunya sinar matahari. Salah satu sistem yang menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi utamanya adalah PLTS. Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau PLTS merupakan salah satu pengaplikasian dalam memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi listrik, dengan memakai teknologi sel surya (fotovoltaik) (Sahar dkk., 2024)

Pengembangan alat pendidikan praktikum tenaga surya merupakan bagian krusial dari mengatasi tantangan dalam pendidikan teknologi energi terbarukan. Studi-studi sebelumnya telah mengembangkan alat praktikum untuk pembelajaran

tenaga surya yang efektif melalui berbagai eksperimen langsung, terutama yang memperkenalkan konsep rangkaian elektrik dalam konteks penggunaan energi surya. (Goodall et al., 2021)

Di banyak institusi pendidikan, terutama pada tingkat vokasi dan teknik, terdapat keterbatasan terhadap alat praktikum PLTS yang terjangkau, fleksibel, dan dirancang untuk pembelajaran eksperimen konfigurasi seri-paralel serta sistem off-grid skala kecil (Premkumar et al., 2021). Penelitian dan pengembangan alat praktikum PLTS berbiaya rendah dan mudah dioperasikan telah ditunjukkan mampu meningkatkan pemahaman siswa serta menutup kesenjangan antara teori dan praktik. Oleh karena itu, pengembangan alat praktikum yang ekonomis dan modular penting untuk mendukung pembelajaran, penelitian tugas akhir, dan kegiatan praktik mahasiswa.

Berdasarkan hasil observasi awal yang dilakukan terhadap sekelompok mahasiswa saat kegiatan praktikum mata kuliah konversi energi, ditemukan bahwa proses pembelajaran PLTS belum sepenuhnya berjalan secara optimal. Mahasiswa cenderung mengalami kesulitan dalam memahami perbedaan karakteristik rangkaian seri dan paralel pada panel surya, terutama ketika harus mengaitkan hasil pengukuran dengan konsep teori yang telah dipelajari. Hal ini terlihat dari masih adanya kebingungan mahasiswa dalam menentukan konfigurasi rangkaian yang tepat serta dalam menganalisis perubahan nilai tegangan dan arus pada setiap susunan rangkaian.

Namun, tantangan utama dalam pendidikan energi terbarukan adalah kurangnya alat praktikum yang memadai dan terjangkau untuk mendukung pembelajaran aktif mahasiswa. Studi oleh Silva et al., (2023) menegaskan pentingnya laboratorium praktikum yang memungkinkan mahasiswa melakukan eksperimen langsung dengan konfigurasi seri dan paralel pada sistem PV off-grid. Pendekatan pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*) ini terbukti meningkatkan pemahaman konsep kelistrikan dan optimasi sistem energi terbarukan secara signifikan (A. R. Putri dkk., 2022).

Selain itu, pengembangan alat praktikum yang mengintegrasikan simulasi dan pengukuran nyata sangat diperlukan untuk menjembatani teori dan praktik. Singh

& Kumar, (2021) menunjukkan bahwa simulasi konfigurasi seri-paralel dapat menjadi media pembelajaran efektif yang membantu mahasiswa memahami dinamika sistem PV dalam berbagai kondisi irradiansi dan beban. Hal ini diperkuat oleh yang menekankan optimasi konfigurasi sebagai kunci untuk memaksimalkan output daya pada sistem off-grid, yang juga dapat dijadikan materi praktikum untuk mengasah kemampuan analisis mahasiswa.

Secara spesifik, sistem pembangkit listrik tenaga surya off-grid menghadapi banyak tantangan, terutama di daerah terpencil yang tidak terjangkau jaringan listrik nasional. Tantangan tersebut meliputi biaya awal yang tinggi baik untuk peralatan maupun instalasi, kebutuhan pemeliharaan rutin, serta penggantian komponen seperti baterai yang relatif sering (Hakim dkk., 2024). Selain itu, pengetahuan teknis tentang optimasi rangkaian seri dan paralel dalam sistem off-grid masih terbatas, yang dapat menyebabkan desain sistem yang tidak efisien.

Studi menyarankan bahwa pendekatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman teknis tetapi juga mendorong inovasi lokal dalam konteks aplikasi energi terbarukan (Ghenai & Bettayeb, 2020). Sementara banyak alat pendidikan telah dirancang untuk mengajarkan dasar-dasar energi terbarukan, ada kesenjangan dalam alat yang menggabungkan elemen eksperimen langsung dengan kondisi off-grid dan pengaturan rangkaian seri-paralel. Sebagian besar alat praktikum yang ada belum mampu mensimulasikan kondisi sebenarnya dari penggunaan energi di daerah terpencil (Akinyele et al., 2023)

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat praktikum inovatif yang memungkinkan pembelajaran langsung tentang sistem PLTS off-grid dengan fokus spesifik pada rangkaian seri dan paralel. Dengan mengisi kesenjangan dalam pendidikan dan praktek, alat ini bertujuan untuk meningkatkan kompetensi teknis siswa dan praktisi. Manfaat dari penelitian ini akan terlihat dalam peningkatan pembelajaran siswa, inovasi lokal, dan kontribusi terhadap capaian target energi terbarukan nasional. Dalam konteks yang lebih luas, penelitian ini akan membantu meningkatkan aksesibilitas dan efisiensi penyebaran energi terbarukan di lingkungan yang memerlukannya.

1.2 Identifikasi Masalah

Untuk memperjelas permasalahan yang ada, maka perlu dilakukan identifikasi masalah, yaitu :

1. Minimnya alat praktikum interaktif untuk PLTS off-grid
2. Kurangnya pemahaman teknik instalasi panel surya
3. Belum optimalnya pengukuran kinerja konfigurasi rangkaian seri-paralel
4. Perlu adanya pengembangan media pembelajaran pada mata kuliah konversi energi.
5. Media pembelajaran yang digunakan kurang bervariasi dan tidak memberikan kemudahan bagi mahasiswa untuk memahami materi yang bersifat praktik.

1.3 Pembatasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka perlu dibuat pembatasan masalah, yaitu :

1. Penelitian hanya difokuskan pada alat praktikum PLTS sistem off-grid skala kecil, bukan untuk kebutuhan rumah tangga atau industri.
2. Penelitian ini dibatasi pada jurusan-jurusan dalam rumpun teknik mesin di Universitas Negeri Jakarta (UNJ) yang memiliki mata kuliah konversi energi atau kegiatan praktikum terkait sistem kelistrikan.
3. Komponen utama yang digunakan terbatas pada panel surya, solar charge controller, baterai, inverter, dan beban sederhana.
4. Pengujian dilakukan untuk melihat perbedaan tegangan, arus, daya, dan efisiensi pada rangkaian seri dan paralel.
5. Hasil akhir berupa alat praktikum, modul, dan data perbandingan kinerja seri dan paralel.

1.4 Perumusan Masalah

diperlukan perumusan masalah agar penelitian ini lebih terarah, yaitu :

1. Bagaimana merancang dan membuat alat praktikum PLTS sistem off-grid dengan konfigurasi rangkaian seri dan paralel?

2. Bagaimana perbedaan tegangan, arus, dan daya keluaran antara rangkaian seri dan paralel?
3. Bagaimana efektivitas alat praktikum ini sebagai media pembelajaran untuk memahami prinsip kerja PLTS off-grid?

1.5 Tujuan Penelitian

Setelah perumusan masalah ditetapkan, maka langkah selanjutnya adalah menentukan tujuan penelitian, yaitu sebagai berikut :

1. Merancang dan membuat alat praktikum PLTS sistem off-grid dengan konfigurasi rangkaian seri dan paralel.
2. Mengetahui pengaruh variasi intensitas cahaya matahari terhadap tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan oleh rangkaian PLTS seri dan paralel
3. Membandingkan karakteristik keluaran (tegangan, arus, dan daya keluaran) antara rangkaian seri dan parallel pada berbagai variasi perlakuan
4. Menguji dan menilai efektivitas alat praktikum sebagai media pembelajaran untuk memahami prinsip kerja PLTS off-grid.

1.6 Manfaat penelitian

Setiap penelitian diharapkan memberikan manfaat, baik secara teoritis maupun praktis. Berikut diuraikan untuk manfaat dari penelitian ini :

1. Manfaat Teoritis
 - Menambah referensi kajian tentang sistem PLTS off-grid khususnya konfigurasi seri dan paralel.
 - Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang energi terbarukan dan pendidikan teknik.
2. Manfaat Praktis
 - Menyediakan alat praktikum yang dapat membantu mahasiswa memahami konsep PLTS off-grid.
 - Menjadi media pembelajaran interaktif dalam membandingkan kinerja rangkaian seri dan paralel.
 - Dapat digunakan sebagai bahan ajar maupun acuan untuk penelitian selanjutnya di bidang energi surya.