

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring berkembangnya teknologi, pertumbuhan penduduk, dan aktivitas ekonomi pada berbagai sektor, termasuk sektor pertanian. Namun, ketersediaan energi listrik di beberapa daerah pertanian masih terbatas, terutama pada wilayah yang sulit dijangkau jaringan PLN. Kondisi tersebut menyebabkan perlunya pemanfaatan energi alternatif yang bersifat mandiri dan ramah lingkungan, salah satunya melalui penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sistem off-grid (Noor Hidayati dan Arifia Ekayuliana, 2021)

PLTS off-grid merupakan sistem pembangkit listrik tenaga surya yang bekerja secara independen tanpa terhubung dengan jaringan listrik utama. Sistem ini memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi utama yang dikonversi menjadi energi listrik menggunakan panel surya, kemudian disimpan ke dalam baterai sebagai media penyimpanan energi. Penggunaan baterai pada sistem PLTS off-grid menjadi komponen yang sangat penting karena berfungsi menjaga kontinuitas suplai energi ketika intensitas cahaya matahari menurun atau pada malam hari (Hayusman & Saputera, 2022).

Dalam penerapan pada pertanian zero farming, kebutuhan energi listrik digunakan untuk mengoperasikan berbagai perangkat seperti pompa air, sistem irigasi otomatis, sensor monitoring, serta perangkat kontrol berbasis teknologi. Sistem pertanian modern tersebut membutuhkan sumber energi yang stabil dan berkelanjutan agar proses operasional dapat berjalan secara optimal. Oleh karena

itu, sistem PLTS off-grid dinilai cocok diterapkan karena mampu menyediakan energi listrik secara mandiri dan ramah lingkungan (Noor Hidayati dan Arifia Ekayuliana, 2021).

Salah satu komponen utama yang menentukan keberhasilan sistem PLTS off-grid adalah baterai. Baterai berfungsi menyimpan energi listrik hasil konversi panel surya sebelum digunakan oleh beban. Kinerja sistem sangat dipengaruhi oleh penentuan spesifikasi baterai yang tepat, seperti kapasitas baterai, tegangan kerja, depth of discharge (DOD), state of charge (SOC), efisiensi baterai, serta umur pemakaian baterai. Kesalahan dalam menentukan spesifikasi baterai dapat menyebabkan suplai energi tidak stabil, umur baterai menjadi lebih singkat, dan efisiensi sistem menurun (Iskandar et al., 2021).

Selain itu, karakteristik beban pada pertanian zero farming juga menjadi faktor penting dalam penentuan kapasitas baterai. Beban seperti motor pompa air memiliki arus awal (starting current) yang tinggi sehingga membutuhkan kapasitas penyimpanan energi yang memadai agar sistem tetap stabil saat beban mulai beroperasi. Apabila kapasitas baterai terlalu kecil, maka baterai akan mengalami pengosongan daya secara cepat dan mempercepat kerusakan baterai. Sebaliknya, apabila kapasitas baterai terlalu besar maka biaya investasi sistem menjadi lebih tinggi dan tidak efisien secara ekonomis (Hayusman & Saputera, 2022)

Penelitian mengenai performa baterai pada PLTS off-grid menunjukkan bahwa kondisi charging dan discharging sangat mempengaruhi umur dan performa baterai. Penggunaan baterai secara terus-menerus dengan kondisi depth of discharge yang tinggi dapat mempercepat penurunan kapasitas baterai. Pada penelitian baterai

VRLA pada sistem PLTS off-grid mengalami penyusutan performa akibat siklus penggunaan yang berlangsung secara kontinu selama operasional sistem.(Iskandar et al., 2021)

Selain baterai VRLA, perkembangan teknologi penyimpanan energi juga menghadirkan baterai lithium-ion dan LiFePO₄ yang memiliki efisiensi lebih tinggi serta umur pakai yang lebih panjang dibandingkan baterai konvensional. Penggunaan baterai lithium pada sistem PLTS off-grid dinilai mampu meningkatkan stabilitas sistem dan mengurangi kerugian energi selama proses charging dan discharging. Namun demikian, pemilihan jenis baterai tetap harus disesuaikan dengan kebutuhan beban, biaya investasi, serta karakteristik operasional sistem PLTS yang digunakan (Chung, 2025).

Uji performa baterai sangat diperlukan untuk mengetahui tingkat efisiensi dan kemampuan baterai dalam menyuplai energi terhadap beban. Uji performa tersebut meliputi pengukuran tegangan baterai, arus charging dan discharging, kapasitas energi yang tersimpan, serta efisiensi energi yang masuk dan keluar dari baterai. Dengan adanya uji performa tersebut, maka dapat diketahui apakah spesifikasi baterai yang digunakan sudah sesuai dengan kebutuhan sistem atau masih memerlukan optimasi agar sistem PLTS dapat bekerja lebih optimal (Steyadi tri yoga, 2022).

Berdasarkan uraian tersebut, dapat diketahui bahwa baterai memiliki peranan yang sangat penting dalam keberlangsungan sistem PLTS off-grid pada pertanian zero farming. Oleh karena itu, diperlukan analisis penentuan spesifikasi dan evaluasi performa baterai agar sistem dapat bekerja secara optimal, efisien, dan

mampu memenuhi kebutuhan energi secara berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana menganalisis spesifikasi dan performa baterai pada pembangkit listrik (PLTS) off-grid pada pertanian *zero farming*?

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk menganalisis spesifikasi dan performa baterai pada sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) off-grid pada pertanian zero farming.

1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian difokuskan pada analisis spesifikasi dan performa baterai pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid yang digunakan pada pertanian zero farming.
2. Penelitian ini hanya membahas sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-Grid* tanpa membahas *On-Grid* atau *Hybrid*.
3. Analisis penentuan baterai meliputi kapasitas baterai (Ah), tegangan sistem, jenis baterai, serta parameter teknis seperti depth of discharge (DOD) dan efisiensi baterai.
4. Uji performa yang dilakukan terbatas pada kinerja baterai dalam memenuhi kebutuhan energi, termasuk kemampuan menyuplai daya, kestabilan sistem, dan estimasi umur pakai baterai.
5. Perhitungan dilakukan berdasarkan data kebutuhan energi harian dan asumsi kondisi operasi tertentu tanpa mempertimbangkan faktor eksternal yang kompleks seperti perubahan iklim ekstrem secara detail.
6. Penelitian ini tidak membahas secara mendalam aspek ekonomi seperti analisis biaya investasi dan pengembalian modal (payback period).

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai dalam menentukan spesifikasi dan performa baterai pada sistem PLTS off-grid, sehingga diperoleh sistem yang lebih optimal, efisien, dan andal. Selain itu, penelitian ini juga dapat membantu penerapan energi surya pada pertanian zero farming agar lebih efektif serta mendukung pengembangan energi terbarukan di sektor pertanian.