

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem energi terbarukan di luar PLN sangat penting untuk menyediakan listrik yang andal dan berkelanjutan bagi masyarakat yang tidak memiliki akses ke jaringan listrik konvensional. Sistem ini menggunakan berbagai sumber energi terbarukan, seperti tenaga surya dan angin, untuk menjamin kemandirian energi dan daya tahan terhadap gangguan listrik. Sistem ini berperan penting dalam menjamin keandalan, keberlanjutan, dan efisiensi ekonomi bagi wilayah yang belum terjangkau jaringan listrik nasional. Karena sistem yang menggabungkan memiliki peluang 80% untuk menahan gangguan yang berkepanjangan, dibandingkan dengan hanya 25% dalam desain konvensional [1]. Adanya penurunan biaya teknologi pembangkit listrik terbarukan dalam beberapa tahun terakhir, telah meningkat jumlah penelitian dan implementasi nyata yang berfokus pada penentuan ukuran kapasitas optimal untuk sistem *off-grid* terbarukan. Studi menunjukkan bahwa masa simulasi yang diperpanjang meningkatkan keandalan sistem energi terbarukan secara signifikan, dan rancangan yang dibuat telah mencapai 94% lebih kuat daripada yang dibuat pada tahun sebelumnya [2]. Hasil menunjukkan bahwa bagi pelaksana dan pembuat kebijakan yang mencari solusi tenaga listrik berkelanjutan untuk masyarakat di luar jaringan listrik, sangat penting untuk menyesuaikan sistem energi terbarukan dengan kebutuhan dan tujuan yang berbeda. Mereka juga mendorong pemanfaatan sistem fotovoltaik surya secara luas sebagai sumber energi yang dapat diandalkan untuk sektor *off-grid* [3].

Pelaksanaan nyata penerapan sistem *off-grid* dapat ditemukan pada proyek pengembangan energi di tiga pulau di Indonesia, yaitu Pulau Bunaken, Pulau Banda, dan Pulau Karimunjawa. Ketiga wilayah tersebut mengadopsi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dikombinasikan dengan *Battery Energy Storage System* (BESS) untuk menyediakan pasokan listrik mandiri. Sistem ini tidak hanya berhasil menyediakan akses energi yang lebih stabil bagi masyarakat, tetapi juga berkontribusi dalam menurunkan emisi karbon dan mengurangi biaya operasional jangka panjang [4]. Namun demikian, pelaksanaan sistem *off-grid* sangat bergantung pada perencanaan kapasitas yang tepat. Untuk mencapai efisiensi teknis dan ekonomi, penentuan ukuran sistem fotovoltaik dan baterai penyimpanan yang tepat sangat penting. Tanpa perhitungan yang cermat, sistem dapat tidak berfungsi dengan baik atau justru meningkatkan biaya. Oleh karena itu, untuk merancang sistem yang efisien dan efektif, pendekatan harus mempertimbangkan kebutuhan listrik harian *user*, lamanya Penggunaan, dan kondisi lingkungan setempat [5].

Adapun Penggunaan baterai penyimpanan dan panel surya memang bisa meningkatkan stabilitas pasokan listrik, biaya awal yang harus dikeluarkan

cenderung lebih tinggi. Semakin besar kapasitas baterai dan luas panel surya, semakin tinggi pula biayanya. Oleh karena itu, dalam memilih ukuran yang sesuai, diperlukan pendekatan untuk mempertimbangkan kebutuhan listrik rumah tangga secara keseluruhan. Metode konvensional seperti ini efektif dalam menentukan ukuran fotovoltaik dan baterai penyimpanan agar sistem energi yang dirancang dapat bekerja optimal sesuai dengan kebutuhan *user* [5].

Sebagai jawaban atas kebutuhan tersebut, dikembangkanlah sebuah aplikasi kalkulator energi untuk sistem *off-grid*. Aplikasi ini dirancang untuk menghitung kapasitas baterai dan Jumlah panel surya berdasarkan kebutuhan daya *user*, lama waktu *backup* yang diinginkan, serta potensi energi surya di lokasi tertentu. Beberapa fitur unggulan dalam aplikasi ini antara lain fleksibilitas *input* data konsumsi energi, perhitungan otomatis berdasarkan durasi Penggunaan perangkat, serta deteksi ketidaksesuaian data *input* oleh *user*. Selain itu, aplikasi ini juga menyediakan rekomendasi Jumlah panel dan kapasitas baterai yang sesuai dengan kondisi dan kebutuhan *user*, sehingga dapat mendukung perencanaan sistem *off-grid* yang efisien dan ekonomis.

1.2 Rumusan Masalah dan Solusi

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut.

- 1) Bagaimana menentukan kapasitas baterai, Jumlah panel surya, dan estimasi biaya instalasi yang sesuai dengan kebutuhan daya harian *user*?
- 2) Bagaimana cara memberikan rekomendasi panel surya yang sesuai dengan spesifikasi kebutuhan *user*?
- 3) Bagaimana merancang aplikasi yang akurat dan informatif untuk menghitung kebutuhan energi berdasarkan data konsumsi perangkat listrik secara harian dan durasi penggunaannya?

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, berikut solusi yang dapat dijabarkan sebagai berikut :

- 1) Dapat melakukan perhitungan kapasitas baterai dan Jumlah panel surya yang dibutuhkan berdasarkan data konsumsi daya *user*.
- 2) Dapat menyediakan fitur rekomendasi panel surya berdasarkan data teknis (seperti daya *output*, efisiensi, dimensi).
- 3) Merancang antarmuka aplikasi yang memungkinkan *user* meng-*input* data konsumsi energi per perangkat, serta memberikan hasil perhitungan yang informatif.

1.3 Tujuan dan Batasan Masalah

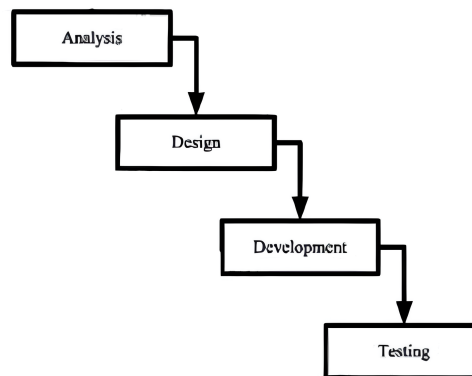
Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan yang akan dicapai dalam proyek akhir ini sebagai berikut:

- 1) Menyediakan aplikasi kalkulasi otomatis yang mampu menghitung kapasitas baterai dan Jumlah panel surya sesuai dengan kebutuhan energi harian dan durasi *backup user*.
- 2) Menyediakan rekomendasi panel surya dan baterai sesuai kebutuhan *user* untuk menghindari pemborosan energi dan biaya.
- 3) Merancang aplikasi yang akurat dan informatif untuk menghitung kebutuhan energi berdasarkan data konsumsi perangkat listrik secara harian dan durasi penggunaannya.

Untuk memperjelas ruang lingkup pembahasan, perlu ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

- 1) Basis data panel surya masih di-*input* secara manual oleh *admin*.
- 2) Aplikasi yang dikembangkan berbasis web dan belum tersedia dalam bentuk aplikasi mobile.
- 3) Metode pengembangan perangkat lunak *SDLC* yang digunakan hanya mencakup sampai pada tahap pengujian.

1.4 Penjadwalan Kerja



Gambar 1. 1 Implementasi *SDLC Model Waterfall* Aplikasi Kalkulator Energi

Penjadwalan kerja dalam proyek ini disusun berdasarkan tahapan model *waterfall* yang dilaksanakan secara berurutan. Tahap pertama, yaitu analisis kebutuhan, dilaksanakan pada minggu pertama bulan Oktober 2024. Pada tahap ini dilakukan identifikasi kebutuhan *user* dan spesifikasi sistem aplikasi manajemen energi tenaga surya *off-grid*. Tahap berikutnya adalah desain sistem, yang dilakukan pada minggu pertama November 2024. Desain ini mencakup pembuatan algoritma dan *formula* perhitungan kapasitas baterai dan Jumlah panel surya, serta perancangan

antarmuka *user*. Selanjutnya, tahap implementasi dilaksanakan pada minggu kedua Februari 2025, di mana dilakukan pembangunan aplikasi menggunakan bahasa pemrograman PHP dan sistem basis data MySQL. Setelah implementasi selesai, tahap pengujian dilakukan pada minggu pertama April 2025 untuk memastikan bahwa seluruh fungsi aplikasi berjalan sesuai dengan kebutuhan *user* dan tidak terdapat kesalahan pada masing-masing modul.

Tabel 1. 1 Penjadwalan Kerja Oktober – Desember 2024

BULAN	OKTOBER				NOVEMBER				DESEMBER			
Minggu	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Analisis Kebutuhan												
Desain Sistem												
Implementasi												
<i>Testing</i>												

Tabel 1. 2 Penjadwalan Kerja Januari – April 2025

BULAN	JANUARI				FEBRUARI				MARET				APRIL			
Minggu	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Analisis Kebutuhan																
Desain Sistem																
Implementasi																
<i>Testing</i>																

Penjadwalan kerja di *COE Smart Electric Vehicle* untuk mahasiswa magang dari 15 Juli 2024 – 15 Juni 2025 adalah setiap hari Senin – Jum’at. Ketentuan waktu masuk dan pulang kerja di *COE Smart Electric Vehicle* adalah :

Masuk Kerja : 08.00 WIB
 Istirahat : 11.00 – 12.00 WIB
 Pulang : 16.30 WIB