

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik telah menjadi kebutuhan primer yang mendukung hampir seluruh aspek kehidupan masyarakat modern, mulai dari penerangan, komunikasi, produktivitas ekonomi, hingga layanan publik. Ketersediaan listrik yang andal dan berkelanjutan merupakan salah satu indikator utama kemajuan suatu bangsa. Semakin tinggi tingkat konsumsi listrik suatu masyarakat, seringkali diartikan sebagai meningkatnya taraf hidup dan aktivitas ekonomi di wilayah tersebut. Namun, di balik tingginya permintaan akan energi listrik, terdapat tantangan besar dalam hal penyediaan sumber daya yang ramah lingkungan serta keberlanjutan pasokan. Ketergantungan yang hampir mutlak terhadap energi fosil sebagai bahan bakar pembangkit listrik menimbulkan permasalahan baru, seperti menipisnya cadangan sumber daya alam dan meningkatnya emisi gas rumah kaca yang memicu pemanasan global. Kondisi ini mendorong berbagai negara di dunia, termasuk Indonesia, untuk mulai beralih ke sumber-sumber energi terbarukan (EBT) yang lebih bersih dan tidak akan habis.

Indonesia sebagai negara yang terletak di garis khatulistiwa dianugerahi potensi energi surya yang sangat melimpah. Letak geografis di wilayah tropis menyebabkan Indonesia mendapatkan penyinaran matahari sepanjang tahun dengan intensitas yang relatif stabil. Menurut data radiasi matahari yang dirilis oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), potensi energi surya di Indonesia berkisar antara 1,9 hingga 7,5 kWh/m² per hari. Angka ini merupakan modal besar yang sayangnya belum dimanfaatkan secara optimal, khususnya untuk memenuhi kebutuhan listrik skala rumah tangga. Data yang lebih spesifik dari *Energy Sector Management Assistance Program* (ESMAP) yang bermitra dengan Bank Dunia menunjukkan bahwa wilayah Kabupaten Jember, yang menjadi lokasi dalam penelitian ini, memiliki potensi radiasi matahari rata-rata sebesar 4.2 kWh/m² per hari. Dengan potensi sebesar ini, pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di wilayah tersebut

dinilai sangat prospektif dan layak untuk dikaji lebih lanjut guna mendukung kemandirian energi masyarakat.

Secara teknis, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) bekerja dengan memanfaatkan sel fotovoltaik pada panel surya untuk mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Proses konversi ini didasarkan pada prinsip p-n junction pada material semikonduktor. Listrik yang dihasilkan oleh panel surya berbentuk arus searah (DC), sehingga diperlukan komponen inverter untuk mengubahnya menjadi arus bolak-balik (AC) agar dapat digunakan oleh peralatan elektronik rumah tangga. Meskipun teknologi PLTS terus berkembang dan biaya komponennya semakin terjangkau, terdapat tantangan utama dalam pemanfaatannya, yaitu sifatnya yang *intermittent* atau tidak kontinu. Panel surya hanya dapat menghasilkan listrik pada siang hari saat matahari bersinar, dan daya keluarannya sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca seperti awan atau hujan. Oleh karena itu, untuk menjamin ketersediaan listrik yang andal sepanjang waktu, sistem PLTS tidak dapat berdiri sendiri, melainkan perlu diintegrasikan dengan sumber listrik lain yang lebih stabil, seperti jaringan PLN.

Dari permasalahan tersebut, muncul konsep sistem PLTS hybrid. Dalam konteks penelitian ini, PLTS hybrid didefinisikan sebagai sistem pembangkit yang mengkombinasikan dua sumber energi, yaitu panel surya dengan baterai sebagai media penyimpanan, serta jaringan listrik PLN. Dengan konfigurasi ini, sistem hybrid mampu menggabungkan kelebihan dari sistem *on-grid* (terhubung PLN, tanpa baterai) dan sistem *off-grid* (mandiri dengan baterai) sekaligus menutupi kekurangan masing-masing. Pada siang hari saat produksi PLTS melimpah, kelebihan daya dapat digunakan untuk mengisi baterai. Ketika produksi PLTS menurun atau pada malam hari, beban dapat disuplai dari baterai atau secara otomatis beralih ke jaringan PLN. Keandalan sistem ini sangat bergantung pada mekanisme peralihan atau *switching* yang cepat dan tepat antara kedua sumber daya tersebut.

Untuk mengatur peralihan sumber daya secara otomatis dan andal, diperlukan sebuah sistem kontrol yang dikenal dengan Automatic Transfer Switch (ATS). ATS adalah perangkat yang berfungsi untuk memindahkan suplai beban

listrik dari sumber utama ke sumber cadangan secara otomatis ketika terjadi gangguan atau pemadaman pada sumber utama, dan akan mengembalikannya ke sumber utama ketika pasokan pulih. Dalam sistem PLTS hybrid, ATS tidak hanya berfungsi sebagai pemindah otomatis saat darurat, tetapi juga dapat dikonfigurasi untuk mengoptimalkan penggunaan energi. Misalnya, ATS dapat diprogram agar pada jam-jam tertentu (saat puncak produksi PLTS) sistem secara prioritas menggunakan energi surya, dan beralih ke PLN di luar jam tersebut. Integrasi ATS dengan komponen seperti kontaktor, relay, time delay relay (TDR), dan digital timer memungkinkan terciptanya sistem kelistrikan rumah tangga yang cerdas, efisien, dan minim intervensi manual.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh masih minimnya implementasi PLTS hybrid dengan kontrol ATS pada skala rumah tangga, khususnya untuk daya listrik 900 VA yang merupakan golongan masyarakat menengah ke bawah. Selama ini, pengembangan PLTS lebih banyak difokuskan pada skala industri atau komersial dengan kapasitas besar. Padahal, jika dirancang dengan tepat, sistem PLTS hybrid skala kecil dapat memberikan manfaat signifikan bagi rumah tangga, seperti pengurangan biaya tagihan listrik bulanan, peningkatan kemandirian energi, serta kontribusi terhadap pengurangan emisi karbon. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba untuk merancang dan membangun sebuah sistem PLTS hybrid berkapasitas 400 Wp yang terintegrasi dengan kontrol ATS, serta menguji kinerjanya pada rumah dengan daya 900 VA di wilayah Kabupaten Jember.

Berdasarkan pemetaan awal yang dilakukan di lokasi penelitian, diketahui bahwa konsumsi listrik rumah tangga tidaklah konstan, melainkan berfluktuasi. Terdapat waktu-waktu tertentu di mana terjadi lonjakan kebutuhan daya (beban puncak), misalnya pada pagi hingga siang hari saat digunakan pompa air, mesin cuci, dan peralatan dapur. Data dari profil beban yang diperoleh menunjukkan total konsumsi energi harian mencapai 4.638 Wh, dengan konsumsi pada rentang waktu puncak (09.00-13.00) sebesar 1.095 Wh. Melihat pola ini, strategi optimalisasi penggunaan PLTS dapat diterapkan dengan memfokuskan operasional PLTS pada jam-jam beban puncak tersebut, sehingga dapat

mengurangi penarikan daya dari PLN secara signifikan. Hal ini sekaligus menjawab tantangan bagaimana membuat sistem PLTS tidak hanya menjadi cadangan, tetapi menjadi sumber utama yang aktif pada waktu-waktu strategis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana menghitung dan menganalisa kebutuhan PLTS untuk kebutuhan rumah tangga.
2. Bagaimana merancang dan membangun *system PLTS-PLN hybrid* yang dapat memenuhi kebutuhan rumah tangga.
3. Bagaimana merancang dan membangun *system Automatic Transfer Switch* yang dapat mengoptimalkan kinerja PLTS saat beban tinggi.

1.3 Tujuan

Melihat rumusan masalah di atas, penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui cara menghitung dan menganalisa kebutuhan PLTS untuk kebutuhan rumah tangga.
2. Mengetahui cara merancang dan membangun *system PLTS-PLN hybrid* yang dapat memenuhi kebutuhan rumah tangga.
3. Bagaimana merancang dan membangun *system Automatic Transfer Switch* yang dapat mengoptimalkan kinerja PLTS saat beban tinggi.

1.4 Manfaat

Dengan dilakukannya penelitian ini, manfaat yang di dapatkan sebagai berikut:

1. Dapat Mengetahui cara menghitung dan menganalisa kebutuhan PLTS untuk kebutuhan rumah tangga.
2. Dapat merancang dan membangun *system PLTS-PLN hybrid* yang dapat memenuhi kebutuhan rumah tangga.
3. Dapat merancang dan membangun *system Automatic Transfer Switch* yang dapat mengoptimalkan kinerja PLTS saat beban tinggi.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, untuk mendapat hasil yang diharapkan maka penulis membatasi pembahasan dengan membuat ruang lingkup masalah sebagai berikut:

1. PLTS untuk menyuplai listrik rumah tangga dengan daya 900VA.
2. Uji coba PLTS dilakukan setiap jam 09.00-13.00.