

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia, dengan jumlah penduduk yang terus bertambah dan pertumbuhan ekonomi yang pesat, menghadapi permasalahan serius di sektor energi. Kebutuhan energi di Indonesia masih sangat bergantung pada bahan bakar fosil, terutama batu bara dan minyak bumi. Ketergantungan pada bahan bakar fosil tidak hanya merugikan lingkungan, tetapi juga membuat negara rentan terhadap fluktuasi harga bahan baku energi di pasar global. Ketergantungan pada sumber energi fosil tersebut semakin tertekan oleh dinamika pembangunan nasional yang sangat masif. Pertumbuhan ekonomi yang pesat menyebabkan peningkatan konsumsi energi di Indonesia, termasuk meningkatnya permintaan di sektor transportasi dan industri. Meskipun Indonesia mempunyai pertumbuhan ekonomi yang positif, diperlukan strategi untuk memenuhi permintaan energi yang terus meningkat secara berkelanjutan. Salah satu manifestasi nyata dari lonjakan permintaan tersebut adalah ketergantungan masyarakat yang tinggi terhadap ketersediaan pasokan listrik (Demeianto *et al.*, 2023).

Dalam kehidupan sehari-hari, masyarakat Indonesia sangat bergantung pada penyediaan energi listrik dari PT PLN (Perusahaan Listrik Negara) sebagai penyedia utama layanan ketenagalistrikan. Ketergantungan tersebut menunjukkan bahwa listrik telah menjadi kebutuhan utama dalam mendukung berbagai aktivitas. Tanpa ketersediaan energi listrik, banyak kegiatan penting tidak dapat berjalan dengan baik. Ketika terjadi pemadaman listrik, pengguna mengalami kesulitan karena tidak memiliki sumber energi cadangan yang dapat digunakan secara langsung (Irawati *et al.*, 2023).

Penerapan energi terbarukan, seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), sebagai solusi strategis untuk mengurangi beban ketergantungan terhadap pasokan listrik konvensional dari negara (Setiawan *et al.*, 2025). Secara teknis, efektivitas solusi PLTS didasarkan pada kemampuan teknologi surya dalam mengonversi sumber daya alam yang melimpah menjadi daya guna. PLTS merupakan sistem yang memanfaatkan energi matahari untuk

menghasilkan energi listrik. Proses konversi energi terjadi melalui panel fotovoltaik yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik searah (DC). Energi DC kemudian diubah menjadi energi bolak-balik (AC) melalui inverter agar dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Pemanfaatan PLTS dianggap sebagai solusi yang ramah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat (Andi *et al.*, 2025)

Walaupun memiliki potensi yang besar, penerapan PLTS masih menghadapi beberapa kendala. Permasalahan yang sering muncul adalah kondisi baterai yang habis tanpa adanya pemantauan secara langsung, serta ketergantungan terhadap intensitas sinar matahari yang dipengaruhi oleh perubahan cuaca, seperti hujan atau mendung. Keadaan tersebut menyebabkan suplai energi dari sistem PLTS menjadi tidak stabil. Di sisi lain, proses perpindahan sumber listrik umumnya masih dilakukan secara manual. Kondisi tersebut menyebabkan peralatan listrik harus dihentikan sementara saat terjadi pergantian sumber energi, sehingga mengurangi kontinuitas penggunaan listrik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan suatu sistem yang mampu bekerja secara otomatis dalam mendeteksi kondisi baterai. Ketika tegangan baterai mencapai batas minimum, sistem dapat langsung mengalihkan sumber energi ke sumber cadangan, seperti PLN. Sebaliknya, saat baterai telah terisi kembali oleh energi matahari, sistem akan mengembalikan penggunaan energi ke PLTS secara otomatis. Teknologi yang dapat digunakan untuk mendukung mekanisme tersebut adalah *Automatic Transfer Switch* (ATS). ATS merupakan perangkat yang berfungsi untuk memindahkan sumber listrik secara otomatis berdasarkan kondisi tegangan. Ketika tegangan baterai berada pada batas terendah, beban akan dialihkan ke sumber PLN. Selanjutnya, ketika baterai telah terisi penuh akibat penyinaran matahari, beban akan kembali disuplai oleh PLTS. Penerapan sistem tersebut diharapkan mampu meningkatkan pemanfaatan energi surya secara baik. Selain itu, penggunaan ATS juga dapat meningkatkan kinerja sistem tenaga listrik serta mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi konvensional (Apriani *et al.*, 2023). Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan membangun sistem tenaga surya yang dilengkapi

dengan inverter DC ke AC serta *Automatic Transfer Switch* (ATS) guna menghasilkan sistem suplai energi listrik yang berkualitas.

Penelitian pertama dilakukan oleh Irawati, dkk. (2023) dengan judul “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Sistem Kontrol *Automatic Transfer Switch* (ATS) dan Optimalisasi Tegangan Baterai”. Tujuan penelitian ini adalah merancang sistem PLTS yang terintegrasi dengan *Automatic Transfer Switch* (ATS) untuk meningkatkan kualitas suplai energi listrik serta mengoptimalkan tegangan baterai dalam proses penyimpanan dan penggunaan energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ATS mampu melakukan perpindahan sumber listrik antara PLTS dan PLN secara otomatis dengan dua mode operasi, yaitu prioritas PLN sebagai sumber utama dan PLTS sebagai cadangan, maupun sebaliknya. Kekurangan dari penelitian ini adalah pengujian sistem masih terbatas pada skala beban kecil, seperti penggunaan lampu LED dan pompa akuarium, sehingga belum merepresentasikan kondisi beban yang lebih besar atau kompleks. Namun, penelitian menggunakan *Modul Low Voltage Disconnect* (LVD) belum menggunakan ESP8266, modul LVD tidak memiliki kemampuan untuk mengatur logika perpindahan sumber listrik atau melakukan monitoring sistem secara menyeluruh. Sebaliknya, ESP8266 merupakan mikrokontroler yang dapat diprogram dan berperan sebagai pusat kendali dalam sistem ATS. Serta belum menguji respons sistem terhadap variasi beban dinamis yang memiliki lonjakan arus awal tinggi.

Penelitian kedua dilakukan oleh Dipociala, dkk. (2023) dengan judul “*Automatic Transfer Switch* (ATS) Berbasis Sensor Tegangan Baterai untuk PLTS”. Fokus utama mereka adalah membuat sistem ATS yang bisa pindah sumber listrik otomatis dari PLTS ke PLN saat tegangan baterai *drop*, supaya suplai listrik tetap terjaga. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ATS mampu bekerja secara otomatis dalam mengalihkan sumber listrik, suplai akan berpindah ke PLN ketika tegangan baterai berada di bawah 11,1 VDC dan akan kembali menggunakan sumber PLTS ketika tegangan baterai mencapai sekitar 13 VDC. Kekurangan dari penelitian ini adalah pengujian

sistem masih terbatas pada jenis beban sederhana seperti lampu penerangan, sehingga belum menguji performa sistem pada beban yang lebih kompleks atau memiliki karakteristik arus awal yang tinggi dan logika kendali perpindahan daya sepenuhnya masih mengandalkan modul pabrikan (Modul XH-M609), sehingga belum memanfaatkan pemrograman mikrokontroler yang memungkinkan monitoring seperti menggunakan ESP8266.

Berikutnya penelitian ketiga yang dilakukan oleh Een Nirmala (2025) dengan judul “Rancang Bangun Sistem *Automatic Transfer Switch (ATS)* Berbasis Arduino untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-Grid* dengan Pendeteksi Tegangan Baterai”. Tujuan dan hasil penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan sistem *Automatic Transfer Switch (ATS)* berbasis Arduino yang mampu mendeteksi tegangan baterai secara real-time untuk mengatur perpindahan sumber listrik antara PLTS dan PLN secara otomatis. Sistem akan berpindah ke sumber PLN ketika tegangan baterai turun hingga sekitar 10,5 V dan kembali ke PLTS saat tegangan mencapai sekitar 14 V. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara otomatis dan responsif dalam menjaga kontinuitas suplai listrik, serta dilengkapi proteksi arus berlebih (*overload protection*) untuk melindungi peralatan. Kekurangan dari penelitian ini adalah pengujian sistem masih terbatas pada beban sederhana seperti lampu pijar dengan daya relatif kecil (sekitar 180,9 W), sehingga belum menguji performa sistem pada beban yang lebih kompleks atau industri yang memiliki lonjakan arus awal tinggi. Selain itu, sistem menggunakan modul XH-M609 berbasis relay yang hanya memutuskan atau menyambung beban berdasarkan batas tegangan yang disetting (misalnya baterai drop). Modul ini tidak punya “logika sistem”, hanya bekerja sebagai pengaman.

Berdasarkan kekurangan dari berbagai penelitian terdahulu yang umumnya masih terbatas pada pengujian beban sederhana, sistem kontrol lokal, serta belum dilengkapi dengan monitoring dan pengelolaan perpindahan sumber energi, maka penelitian yang diusulkan menghadirkan pengembangan berupa integrasi sistem konversi energi, *Automatic Transfer Switch (ATS)*, serta penggunaan mikrokontroler berbasis ESP8266. Oleh

karena itu, diangkatlah judul “Rancang Bangun Sistem Tenaga Surya Dengan Inverter DC ke AC Dilengkapi *Automatic Transfer Switch*”. Rancang bangun difokuskan pada pembuatan sistem inverter DC ke AC yang mampu mengubah energi dari panel surya menjadi sumber listrik yang dapat digunakan secara luas, serta dilengkapi dengan ATS untuk menjaga kontinuitas suplai daya secara otomatis. Selain itu, penggunaan ESP sebagai pusat kendali memungkinkan sistem melakukan monitoring dan pengendalian secara *real-time* berbasis jaringan, sehingga kondisi tegangan baterai, status sumber energi, dan perpindahan beban dapat dipantau dengan baik. Sistem dirancang agar mampu mendeteksi kondisi tegangan secara akurat dan melakukan perpindahan sumber listrik antara PLTS dan sumber cadangan tanpa gangguan. Dengan demikian, integrasi inverter, ATS, dan ESP8266 diharapkan mampu meningkatkan kualitas, serta memberikan sistem yang lebih modern,

## 1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijabarkan, identifikasi masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Belum adanya sistem yang menggabungkan panel surya 600 Wp, baterai 24 V, inverter 24 VDC ke 220 VAC, ATS berbasis ESP8266, dan pemantauan tegangan baterai dalam satu sistem yang bekerja secara otomatis dan terintegrasi.
2. Belum adanya sistem yang mengintegrasikan sensor tegangan baterai dengan ESP8266 untuk melakukan pemantauan kondisi baterai, status sumber listrik, dan proses perpindahan sumber secara *real-time*.
3. Belum diketahui waktu respons ATS berbasis ESP8266 dalam melakukan perpindahan sumber listrik dari inverter 24 VDC–220 VAC ke sumber cadangan PLN maupun sebaliknya, sehingga diperlukan pengujian untuk mengetahui sistem saat terjadi penurunan tegangan baterai.

4. Belum terdapat pengujian mengenai keamanan perpindahan sumber listrik antara PLTS dan PLN untuk mencegah terjadinya arus balik (*backfeed*) yang berpotensi menimbulkan gangguan pada peralatan maupun sistem kelistrikan.
5. Belum diketahui tingkat akurasi sensor tegangan yang digunakan dalam membaca kondisi baterai sebagai parameter utama pengendalian ATS berbasis ESP8266 sehingga diperlukan pengujian dan kalibrasi sensor.

### 1.3. Pembatasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan tidak meluas, pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Sistem yang dirancang menggunakan sumber energi dari panel surya 600 Wp.
2. Inverter yang digunakan adalah 24 VDC ke 220AC dengan kapasitas 1000 watt.
3. *Automatic Transfer Switch* (ATS) hanya digunakan untuk perpindahan antara dua sumber (PLTS dan sumber cadangan).
4. Mikrokontroler yang digunakan berbasis ESP8266.
5. Monitoring sistem difokuskan pada parameter tegangan dan status sumber listrik.

### 1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan batasan masalah di atas, rumusan masalah penelitian yaitu “Bagaimana merancang dan membangun sistem tenaga surya inverter DC ke AC dengan *Automatic Transfer Switch* berbasis ESP8266?

### 1.5. Tujuan penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem catu daya portabel berupa Inverter DC ke AC berkapasitas 1000 Watt berbasis mikrokontroler ESP8266. Sistem ini diintegrasikan dengan fitur *Automatic Transfer Switch* (ATS) tenaga surya yang berfungsi untuk mengatur perpindahan sumber energi secara otomatis, sekaligus memberikan sistem proteksi berdasarkan pembacaan tingkat arus. Melalui pengembangan

rancang bangun ini, sistem yang dihasilkan diharapkan mampu berfungsi secara baik dan aman sebagai sumber pasokan listrik alternatif untuk berbagai kebutuhan operasional mesin.

#### 1.6. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian yang diharapkan memberikan manfaat, sebagai berikut:

1. **Secara Teoritis:** Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan serta menjadi referensi akademik dalam pengembangan teknologi kelistrikan, khususnya terkait perancangan inverter DC ke AC, integrasi sistem *Automatic Transfer Switch* (ATS), dan pemanfaatan mikrokontroler ESP8266 sebagai unit kendali.
2. **Secara Praktis:** Penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan sebagai alternatif sistem suplai listrik otomatis yang mengintegrasikan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan jaringan PLN, sehingga dapat dimanfaatkan secara langsung untuk mendukung kelancaran kebutuhan daya pada operasional mesin.