

# **BAB I PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang Masalah**

Seiring dengan meningkatnya urbanisasi di Indonesia, kepadatan penduduk di area perkotaan turut menciptakan tantangan baru dalam penyediaan energi [1]. Ketergantungan yang tinggi pada jaringan listrik PLN seringkali dihadapkan pada isu stabilitas dan biaya, sehingga mendorong kebutuhan akan sumber energi mandiri yang andal untuk peralatan skala kecil. Di lingkungan seperti ini, pemanfaatan energi surya menjadi solusi yang menjanjikan [2]. Namun, implementasinya terkendala oleh dua faktor utama ketersediaan lahan yang sempit untuk instalasi panel, dan adanya potensi bayangan dari bangunan sekitar yang dapat menurunkan performa panel secara drastis. Oleh karena itu, diperlukan teknologi yang tidak hanya menyediakan energi bersih, tetapi juga mampu memaksimalkan hasil dari setiap panel yang terpasang dalam kondisi lingkungan yang menantang [3].

Salah satu solusi yang efektif untuk mengatasi permasalahan energi dan dampak perubahan iklim di Indonesia adalah pengembangan pembangkit listrik dua sumber catu daya [4]. Pembangkit listrik dua sumber catu daya menggabungkan berbagai sumber energi terbarukan, seperti tenaga surya, angin, dan biomassa, dengan sumber energi konvensional, seperti diesel atau gas. Dengan memanfaatkan kombinasi ini, pembangkit listrik dua sumber catu daya dapat meningkatkan efisiensi energi, mengurangi emisi karbon, dan menyediakan pasokan listrik yang lebih stabil dan berkelanjutan, terutama di daerah terpencil yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik konvensional [5].

Untuk meningkatkan efisiensi modul surya, penelitian terkini mengidentifikasi sejumlah strategi yang baik [6]. Metode peningkatan kinerja fotovoltaik dapat dikategorikan menjadi beberapa pendekatan, yaitu optimasi material sel, dengan fokus pada pengembangan sel semi-konduktor seperti monokristalin dan multi-junction, yang mampu meningkatkan konversi energi hingga 15-30% [7], manajemen termal, mengimplementasikan sistem pendinginan pasif dan aktif untuk

menurunkan suhu operasional panel dan mencegah terjadinya penurunan performa [8], sistem pelacakan surya, teknologi yang memungkinkan panel bergerak dinamis mengikuti lintasan matahari, berpotensi meningkatkan energi mencapai 15-30% [9], rekayasa permukaan, dengan mengaplikasikan lapisan anti-reflektif dan nanoteknologi untuk mengoptimalkan radiasi surya [10] dan Integrasi Sistem Elektronik Cerdas, melalui pengembangan inverter dan sistem manajemen energi yang canggih untuk memaksimalkan efisiensi konversi [11].

Inovasi dalam sistem pelacakan modul fotovoltaik menggunakan sensor *Light Dependent Resistor (LDR)* menghadirkan terobosan signifikan untuk mengoptimalkan performa pembangkit listrik tenaga surya [12]. Mekanisme pintar berbasis sensor LDR yang mampu mengikuti intensitas cahaya secara dinamis menjadi sangat krusial, terutama pada instalasi di lingkungan pemukiman yang memiliki potensi bayangan (*shading*) dari bangunan atau pepohonan di sekitarnya. Pada kondisi tersebut, sistem pelacak berbasis LDR dapat secara aktif mencari posisi dengan paparan cahaya terbaik, tidak hanya sekadar mengikuti arah matahari. Hal ini memungkinkan peningkatan generasi energi mencapai spektrum di atas konfigurasi panel stasioner [13], dengan menghadirkan manajemen efisiensi produksi hingga 20% melalui pengaturan kondisi operasional ideal. Dengan memanfaatkan teknologi sensor LDR dan mekanisme motor presisi, sistem ini mentransformasi sudut panel untuk memaksimalkan intersepsi radiasi surya, tidak sekadar meningkatkan output energetik, melainkan juga merevolusi struktur ekonomi pembangkit listrik jangka panjang [14]. Keunggulan teknologi sensor LDR terutama terlihat pada wilayah dengan karakteristik iradiasi matahari intens [15], memberikan kontribusi substansial dalam mendorong transisi menuju ekosistem energi berkelanjutan.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, berikut adalah rumusan masalah yang akan menjadi fokus penelitian ini:

1. Bagaimana merancang sebuah sistem dengan dua sumber catu daya (PLTS dan PLN) yang dapat menjamin pasokan listrik secara kontinu?

2. Bagaimana mengimplementasikan sistem pelacak surya *single-axis* dengan kontroler PID untuk meningkatkan efisiensi penyerapan energi pada panel surya?

### **1.3. Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diidentifikasi, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem dengan dua sumber catu daya yang mengintegrasikan panel surya dan jaringan PLN untuk memastikan pasokan listrik yang andal dan tanpa gangguan.
2. Mengimplementasikan dan menguji sistem pelacak surya *single-axis* berbasis kontroler PID untuk memaksimalkan hasil daya dari panel surya dibandingkan dengan sistem tetap.

### **1.4. Manfaat Hasil Penelitian**

Penelitian ini diharapkan memberikan beberapa manfaat. Pertama, menyediakan solusi untuk memaksimalkan perolehan energi surya di lahan terbatas, seperti area pemukiman atau perkotaan. Dalam kondisi ini, sistem pelacak surya terbukti mampu meningkatkan produksi energi secara substansial dibandingkan sistem tetap, terutama di lingkungan dengan potensi bayangan dari bangunan atau pepohonan sekitar. Kedua, sistem dengan dua sumber catu daya ini menawarkan keandalan pasokan listrik yang tinggi untuk beban-beban krusial, mengurangi ketergantungan pada jaringan PLN dan potensi kerugian akibat pemadaman listrik. Manfaat ini tidak hanya relevan untuk aplikasi pertanian, industri skala kecil seperti hidroponik, tetapi juga dapat diadopsi untuk berbagai kebutuhan daya rendah lainnya.

Secara lebih luas, penelitian ini mendukung pemanfaatan energi terbarukan yang lebih efisien, berpotensi mengurangi emisi karbon, dan memberikan solusi energi yang andal dan mandiri bagi masyarakat.

## 1.5. Batasan Masalah

1. Pengujian sistem ini dibatasi dengan menggunakan beban berupa kipas angin dengan daya 20 Watt.
2. Sistem dua catu daya yang dirancang hanya menggunakan dua sumber utama, yaitu PLTS dan PLN.
3. Modul surya bergerak pada satu derajat kebebasan (*Single-Axis*) untuk mengikuti pergerakan harian matahari dari timur ke barat.
4. Modul surya yang digunakan memiliki kapasitas maksimum 230 Wp.
5. Baterai yang digunakan adalah tipe MF (*Maintenance Free*) 12V 70Ah.
6. Pusat kendali sistem ini secara spesifik menggunakan platform Arduino UNO R3.
7. Sistem kendali yang digunakan untuk mengoptimalkan pergerakan *tracker* terbatas pada algoritma *Proportional-Integral-Derivative* (PID).
8. Mekanisme pelacakan posisi matahari hanya menggunakan metode berbasis sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) untuk mendeteksi intensitas cahaya dan mengarahkan panel surya sesuai dengan posisi optimal.

## 1.6. Metode Penelitian

Dalam penyusunan dan pengerjaan tugas akhir ini, metodologi yang digunakan adalah sebagai berikut:

### 1. Studi Literatur

Studi literatur yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini berdasarkan pada paper, jurnal ilmiah atau buku yang berfokus pada analisis transient.

### 2. Konsultasi dan Diskusi

Melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing dan juga berdiskusi dengan orang-orang yang mengerti mengenai keilmuan sebagai penyusun proposal Tugas Akhir ini agar mendapatkan masukan-masukan yang dapat dijadikan pertimbangan dalam tugas akhir ini.

### 3. Permodelan dan Simulasi

Pemodelan alat dilakukan dengan menggunakan software *Fusion 360*. Simulasi dilakukan menggunakan program yang telah dibuat dengan memasukkan parameter sistem dan disimulasikan untuk analisis komparatif.

### 4. Analisis

Melakukan analisis komparatif untuk membandingkan output daya antara sistem tetap dan sistem pelacak, serta menganalisis kinerja setiap komponen perangkat keras.

### 5. Penulisan Laporan

Buku tugas akhir ini ditulis sebagai laporan hasil dari penelitian tugas akhir. Penulisan laporan tugas akhir dilakukan untuk menunjukkan hasil dan kesimpulan dari tugas akhir. Kesimpulan yang ditunjukkan merupakan analisis dan solusi dari permasalahan yang di ajukan.

## 1.7. Proyeksi Pengguna

Hasil penelitian ini ditargetkan dapat memberikan solusi energi yang efisien dan andal bagi beberapa kelompok pengguna. Target utama adalah rumah tangga di area perkotaan atau pemukiman padat yang memiliki keterbatasan lahan dan sering menghadapi masalah bayangan. Bagi mereka, sistem ini menawarkan cara untuk memaksimalkan produksi energi surya guna mengurangi tagihan listrik PLN untuk peralatan skala kecil seperti kipas angin, lampu, atau pengisi daya.

Target kedua adalah pemilik properti di lokasi terpencil atau *off-grid*, seperti vila atau pos jaga, yang membutuhkan sumber listrik mandiri yang stabil. Selain itu, sistem ini juga berpotensi untuk diadopsi oleh pelaku usaha skala kecil yang memerlukan pasokan daya kontinu untuk operasionalnya. Terakhir, karena menggunakan platform yang terbuka seperti Arduino, sistem ini juga dapat menarik bagi para penggiat hobi dan DIY (*Do-It-Yourself*) yang ingin mengembangkan solusi energi untuk proyek-proyek mereka sendiri.