

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Keperluan energi listrik di Indonesia terus terjadi peningkatan seiring pertumbuhan jumlah penduduk, urbanisasi, dan aktivitas industri. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), penggunaan energi listrik nasional mencapai 1.173 TWh pada tahun 2022 dan kemungkinan akan terus meningkat setiap tahunnya (Kementerian ESDM, 2023). Sementara itu, pemenuhan keperluan listrik nasional mayoritas diperoleh dari pembangkit berbahan bakar fosil yang memiliki dampak negatif terhadap lingkungan karena dapat menimbulkan efek rumah kaca akibat emisi CO₂ yang dihasilkan, serta ketersediaannya yang terbatas dalam jangka panjang.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pengembangan energi terbarukan yang ramah lingkungan menjadi hal yang semakin mendesak. Energi terbarukan menjadi salah satu solusi untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Menurut Yudiartono *et al.* (2023), transisi menuju energi terbarukan tidak hanya penting dalam aspek keberlanjutan pasokan energi, tetapi juga dapat mengurangi emisi CO₂ sektor ketenagalistrikan. Dalam konteks ini, pengembangan energi surya merupakan salah satu opsi karena memiliki potensi yang besar, terutama di negara-negara seperti Indonesia.

Potensi besar energi surya di Indonesia menjadi peluang yang sangat menjanjikan jika dapat dimanfaatkan secara maksimal. Indonesia memiliki potensi energi surya yang besar karena terletak pada wilayah khatulistiwa dengan intensitas radiasi matahari yang tinggi dan stabil sepanjang tahun. Berdasarkan studi oleh IRENA (2020), rata-rata penyinaran harian di Indonesia berkisar antara 4–5 kWh/m², dengan potensi teknis energi surya diproyeksikan mencapai lebih dari 200 GWp. Namun, hingga saat ini pemanfaatan energi surya masih sangat rendah dibandingkan potensinya yang besar (ESDM, 2020).

Namun demikian, pemanfaatan panel surya tidak lepas dari tantangan teknis terkait efektivitas penyerapan cahaya matahari. Energi listrik dari panel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima. Pada umumnya,

panel surya di lapangan banyak dipasang secara statis, yaitu dalam satu posisi tetap. Hal ini menyebabkan *output* energi menurun ketika posisi matahari berubah sepanjang hari sehingga panel tidak selalu menghadap langsung ke arah datangnya cahaya matahari. Masalah utama inilah yang menjadi latar belakang perlunya dilakukan upaya peningkatan efisiensi panel surya melalui sistem yang mampu mengikuti pergerakan matahari.

Sejumlah penelitian telah menunjukkan bahwa solusi teknis dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan efisiensi panel surya. Berdasarkan penelitian oleh Tarigan (2023), orientasi dan sudut kemiringan panel surya sangat berpengaruh terhadap daya *output* yang dihasilkan. Maka dari itu, diperlukan upaya untuk mengarahkan permukaan panel surya agar selalu mengikuti arah cahaya matahari. Penelitian oleh Prasetyo *et al.* (2022) menunjukkan bahwa penggunaan sistem penjejak matahari (*solar tracker*) dapat meningkatkan kinerja panel dibandingkan dengan sistem statis. Sistem *solar tracker* satu sumbu (*single-axis*) memungkinkan panel bergerak mengikuti matahari dari timur ke barat secara otomatis berdasarkan masukan dari sensor cahaya yang diolah oleh mikrokontroler.

Salah satu komponen penting dalam sistem penjejak tersebut adalah sensor cahaya, dan pemilihannya sangat memengaruhi efektivitas sistem. Dalam beberapa penelitian sebelumnya, sensor cahaya yang digunakan umumnya adalah fotodioda dan *Light Dependent Resistor* (LDR). LDR memiliki keunggulan berupa harga yang murah dan sensitivitas tinggi terhadap perubahan intensitas cahaya, meskipun memiliki nilai resistansi yang lebih tinggi dibandingkan fotodioda.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini merancang sistem penjejak cahaya matahari otomatis berbasis ESP32 dan sensor LDR. Sensor LDR dikoneksikan ke mikrokontroler ESP32 dan digunakan untuk mengendalikan motor *linear actuator* yang memungkinkan panel surya bergerak secara otomatis berdasarkan arah datangnya cahaya. Untuk meningkatkan efisiensi *output* daya panel surya. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan fitur *Internet of Things* (IoT) melalui koneksi Wi-Fi ESP32, yang memungkinkan pengiriman data sensor secara *real-time* ke platform ThingSpeak. Dengan begitu, sistem ini tidak hanya mampu melakukan *tracking* secara otomatis, tetapi juga mendukung pemantauan, analisis, dan evaluasi kinerja secara berkesinambungan.

1.2. Identifikasi Masalah

1. Panel surya statis tidak dapat mengikuti pergerakan harian matahari sehingga cahaya matahari tidak selalu tegak lurus terhadap permukaan panel. Hal ini menyebabkan penurunan efisiensi penyerapan cahaya dan daya listrik yang dihasilkan.

1.3. Pembatasan Penelitian

1. Sistem penjejak cahaya matahari yang dirancang adalah jenis satu sumbu (*single-axis tracking*) yang bergerak mengikuti arah pergerakan matahari dari timur ke barat.
2. Sistem menggunakan sensor LDR untuk mendeteksi intensitas cahaya matahari sebagai acuan arah pergerakan panel surya.
3. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32, yang juga berfungsi sebagai pusat pengolahan data sensor dan pengendali *actuator*.
4. *Actuator* yang digunakan untuk menggerakkan panel surya adalah motor linear (*linear actuator*).
5. Penelitian tidak tertumpu pada perhitungan ekonomis atau simulasi berbasis algoritma astronomis.
6. Penelitian diutamakan membahas sistem penjejak cahaya matahari otomatis.

1.4. Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang sistem penjejak otomatis cahaya matahari berbasis ESP32 dan sensor LDR dan mikrokontroler ESP32 untuk mengoptimalkan posisi panel surya?
2. Bagaimana peningkatan *output* panel surya dengan implementasi sistem penjejak cahaya otomatis?

1.5. Tujuan Penelitian

1. Merancang dan membangun sistem penjejak cahaya matahari otomatis satu sumbu berbasis ESP32 dan sensor LDR untuk mengoptimalkan posisi panel surya terhadap arah datangnya sinar matahari.

2. Menganalisis peningkatan *output* daya listrik panel surya dengan menerapkan sistem penjejak cahaya otomatis dibandingkan dengan sistem panel surya statis.

1.6. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memperluas wawasan dan pemahaman mengenai sistem penjejak matahari otomatis, khususnya tipe satu sumbu yang memanfaatkan sensor cahaya (LDR) dan mikrokontroler ESP32. Perangkat yang dikembangkan ini dirancang untuk mendeteksi arah sinar matahari secara otomatis berdasarkan intensitas cahaya yang diterima sehingga dapat membantu mengoptimalkan daya *output* panel surya dalam menangkap energi matahari secara lebih efektif.

2. Manfaat Praktis

2.1. Bagi Peneliti

Penelitian ini menjadi sarana penerapan ilmu dan keterampilan yang telah diperoleh selama masa studi di Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Jakarta, serta sebagai pemenuhan salah satu syarat akademik untuk meraih gelar sarjana

2.2. Bagi Pembaca

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam mengembangkan atau mengadopsi sistem solar *tracker* otomatis yang sederhana dan ekonomis, guna meningkatkan efisiensi penyerapan cahaya matahari oleh panel surya, khususnya dalam penggunaan skala kecil seperti rumah tangga atau sistem *off-grid*.

Intelligentia - Dignitas