

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, perkembangan teknologi, serta meningkatnya aktivitas industri dan rumah tangga. Energi listrik menjadi salah satu kebutuhan utama dalam menunjang berbagai aktivitas manusia di era modern saat ini. Namun hingga saat ini, sebagian besar kebutuhan energi dunia masih bergantung pada sumber energi fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam. Penggunaan sumber energi fosil secara terus-menerus menimbulkan berbagai permasalahan, di antaranya keterbatasan cadangan energi, tingginya biaya operasional, serta dampak negatif terhadap lingkungan berupa pencemaran udara dan peningkatan emisi gas rumah kaca yang dapat menyebabkan perubahan iklim global.

Seiring dengan semakin menipisnya cadangan energi fosil dan meningkatnya kesadaran akan pentingnya menjaga kelestarian lingkungan, maka diperlukan pengembangan sumber energi alternatif yang bersifat terbarukan dan ramah lingkungan. Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah energi surya. Energi surya merupakan energi yang berasal dari sinar matahari yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik melalui teknologi panel surya atau *photovoltaic*. Keunggulan energi surya antara lain bersifat ramah lingkungan, tersedia secara melimpah, serta dapat dimanfaatkan dalam berbagai skala kebutuhan energi.

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi energi surya yang sangat besar karena terletak di wilayah khatulistiwa yang mendapatkan penyinaran matahari sepanjang tahun. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Indonesia memiliki potensi radiasi matahari rata-rata sebesar sekitar 4,8–5,1 kWh/m² per hari. Potensi ini menunjukkan bahwa

pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi listrik alternatif sangat memungkinkan untuk dikembangkan, baik dalam skala kecil seperti rumah tangga maupun dalam skala yang lebih besar.

Pemanfaatan energi matahari umumnya dilakukan dengan menggunakan panel surya yang berfungsi untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaiik. Meskipun teknologi panel surya telah banyak digunakan, namun penerapannya masih menghadapi beberapa kendala teknis. Salah satu permasalahan yang sering ditemukan adalah penggunaan panel surya dengan sistem statis, yaitu posisi panel yang tetap dan tidak mengikuti pergerakan matahari. Pada sistem ini, panel surya hanya dipasang dengan sudut kemiringan tertentu sehingga tidak selalu berada pada posisi optimal dalam menerima intensitas cahaya matahari.

Pergerakan matahari dari arah timur ke barat sepanjang hari menyebabkan sudut datang cahaya matahari terhadap permukaan panel surya selalu berubah. Pada sistem panel statis, kondisi ini menyebabkan panel surya hanya menerima intensitas cahaya maksimum pada waktu tertentu saja, biasanya pada saat matahari berada tepat di atas panel. Pada waktu lainnya, sudut datang cahaya tidak optimal sehingga intensitas cahaya yang diterima oleh panel menjadi berkurang dan daya listrik yang dihasilkan juga tidak maksimal. Hal ini menunjukkan bahwa potensi energi matahari yang tersedia sepanjang hari belum dapat dimanfaatkan secara optimal oleh sistem panel surya statis.

Selain itu, sistem panel surya statis juga memiliki keterbatasan dalam menyesuaikan posisi terhadap perubahan kondisi lingkungan. Faktor seperti arah pemasangan panel, sudut kemiringan panel, serta lokasi *geografis* sangat memengaruhi kinerja panel surya. Tanpa adanya sistem yang mampu menyesuaikan posisi panel secara otomatis terhadap arah datangnya cahaya matahari, efisiensi sistem pembangkit listrik tenaga surya menjadi kurang maksimal.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah penggunaan sistem pelacak matahari atau *solar tracker*. Solar tracker merupakan suatu sistem yang dirancang untuk menggerakkan panel surya

agar dapat mengikuti pergerakan matahari sepanjang hari. Dengan menggunakan solar tracker, posisi panel surya dapat terus menyesuaikan arah datangnya sinar matahari sehingga sudut penerimaan cahaya terhadap permukaan panel selalu berada pada kondisi yang optimal. Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, penggunaan solar tracker dapat meningkatkan efisiensi penyerapan energi matahari. Sistem solar tracker single-axis diketahui mampu meningkatkan daya keluaran panel surya sekitar 10–20%, sedangkan sistem dual-axis solar tracker dapat meningkatkan efisiensi hingga 25–35% dibandingkan dengan sistem panel surya statis.

Dalam pengembangan sistem solar tracker, diperlukan suatu sistem kendali yang mampu bekerja secara otomatis, responsif, dan efisien. Penggunaan mikrokontroler sebagai pusat kendali menjadi salah satu solusi yang efektif karena mampu mengolah data dari sensor dan mengendalikan aktuator secara real-time. Pada penelitian ini, mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pengendali utama karena memiliki kemampuan pemrosesan data yang cukup tinggi dengan kecepatan clock hingga 240 MHz, konsumsi daya yang relatif rendah, serta telah dilengkapi dengan fitur komunikasi nirkabel seperti Wi-Fi dan Bluetooth yang mendukung pengembangan sistem berbasis Internet of Things (IoT).

Untuk mendeteksi arah datangnya cahaya matahari, digunakan sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) yang memiliki karakteristik resistansi yang berubah sesuai dengan intensitas cahaya yang diterima. Sensor LDR akan ditempatkan pada beberapa sisi panel surya untuk mendeteksi perbedaan intensitas cahaya dari berbagai arah. Data yang diperoleh dari sensor LDR kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32 untuk menentukan arah datangnya cahaya dengan intensitas tertinggi. Selanjutnya, motor servo digunakan sebagai aktuator untuk menggerakkan posisi panel surya agar menyesuaikan arah datangnya cahaya matahari secara otomatis.

Dengan adanya sistem kendali otomatis tersebut, diharapkan panel surya dapat selalu berada pada posisi optimal dalam menerima sinar matahari sehingga energi listrik yang dihasilkan dapat meningkat dibandingkan dengan sistem panel surya statis. Selain itu, sistem ini juga diharapkan dapat meningkatkan efisiensi

pemanfaatan energi surya serta menjadi salah satu solusi dalam pengembangan teknologi energi terbarukan yang lebih efektif dan efisien.

Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, maka pada penelitian ini dirancang sebuah **Sistem Kendali Otomatis Panel Surya Mengikuti Pergerakan Matahari Berbasis ESP32**. Sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penyerapan energi matahari, memaksimalkan daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya, serta dapat menjadi referensi dalam pengembangan teknologi sistem pembangkit listrik tenaga surya otomatis di masa mendatang, khususnya dalam bidang pendidikan dan penelitian di lingkungan Politeknik Negeri Bengkalis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam proposal ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem kendali otomatis pada panel surya berbasis mikrokontroler ESP32 agar dapat mengikuti pergerakan matahari secara real-time?
2. Bagaimana sistem tersebut dapat mendeteksi arah sinar matahari menggunakan sensor LDR dan menggerakkan panel dengan motor servo?
3. Bagaimana efisiensi sistem pelacak matahari otomatis dalam meningkatkan penyerapan energi listrik dibandingkan dengan sistem panel surya statis.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka perlu ditentukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem pelacakan panel surya dirancang hanya untuk dua sumbu gerakan, yaitu sumbu horizontal (timur–barat) dan sumbu vertikal (utara–selatan).

2. Sensor yang digunakan adalah sensor cahaya (Light Dependent Resistor/LDR) untuk mendeteksi intensitas sinar matahari dari berbagai arah.
3. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32, sebagai pusat kendali sistem pelacakan.
4. Aktuator yang digunakan berupa motor servo, yang berfungsi untuk menggerakkan panel surya sesuai dengan data yang diterima dari sensor.
5. Pengujian dilakukan dalam bentuk prototipe berskala kecil, sehingga hasil pengujian belum merepresentasikan sistem dalam skala industri.
6. Penelitian ini tidak mempertimbangkan kondisi cuaca ekstrem, seperti hujan, mendung, atau gangguan bayangan yang dapat memengaruhi intensitas cahaya matahari.
7. Sumber daya sistem kendali tidak diambil dari panel surya utama, melainkan menggunakan catu daya eksternal selama proses pengujian.

1.4 Tujuan Dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membuat sistem kendali otomatis pada panel surya berbasis mikrokontroler ESP32 yang dapat mengikuti pergerakan matahari secara real-time.
2. Mengimplementasikan sensor cahaya (Light Dependent Resistor/LDR) dan motor servo untuk mendeteksi intensitas cahaya matahari serta menggerakkan posisi panel surya agar selalu menghadap ke arah datangnya sinar matahari.
3. Menguji dan menganalisis kinerja sistem pelacak matahari otomatis dalam meningkatkan efisiensi penyerapan energi listrik dibandingkan dengan sistem panel surya statis.

Manfaat penelitian Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. **Manfaat Akademik**

Penelitian ini dapat menjadi sarana penerapan teori yang telah diperoleh selama perkuliahan, khususnya dalam bidang sistem kendali otomatis, mikrokontroler, dan energi terbarukan.

2. **Manfaat Teknis**

Menghasilkan rancangan sistem pelacak matahari otomatis yang dapat meningkatkan efisiensi penyerapan energi pada panel surya serta dapat dikembangkan menjadi sistem berskala lebih besar.

3. **Manfaat Lingkungan**

Mendorong peningkatan pemanfaatan energi terbarukan dan pengurangan ketergantungan terhadap sumber energi fosil yang tidak ramah lingkungan.

4. **Manfaat Sosial dan Ekonomi**

Menjadi alternatif solusi teknologi hemat energi yang dapat diterapkan pada masyarakat untuk mengoptimalkan penggunaan energi surya secara efektif dan efisien.