

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Peningkatan kebutuhan energi global menuntut transisi percepatan dari bahan bakar fosil menuju sumber energi terbarukan, di mana energi surya menjadi salah satu alternatif paling potensial di daerah tropis. Reza dkk. menekankan bahwa ketergantungan pada energi konvensional harus segera dikurangi dengan memaksimalkan teknologi *photovoltaic* (PV) yang ramah lingkungan [1]. Namun, kendala utama pada instalasi panel surya konvensional adalah posisinya yang statis, sehingga sudut datang sinar matahari tidak selalu tegak lurus yang mengakibatkan kerugian daya (*cosine loss*) yang signifikan. Sitompul dkk. membuktikan bahwa panel surya dengan mekanisme pelacak (*tracker*) mampu menghasilkan daya hingga 24,37% lebih tinggi dibandingkan instalasi tetap karena mampu meminimalisir sudut deviasi cahaya [2]. Haris dan Darmawan juga menambahkan bahwa efektivitas konversi energi sangat bergantung pada kepresisian posisi panel terhadap sumber cahaya sepanjang hari [3]. Oleh karena itu, penerapan teknologi mekanik pelacak surya menjadi solusi teknis yang krusial untuk meningkatkan efisiensi sistem pembangkit listrik tenaga surya.

Meskipun teknologi solar tracker terbukti meningkatkan efisiensi, mayoritas sistem yang ada saat ini masih bergantung sepenuhnya pada sensor cahaya, seperti *Light Dependent Resistor* (LDR), untuk otomatisasi pergerakan. Penelitian oleh Hidayatullah dan Styawati serta Kalagotla dkk. mengembangkan *single-axis tracker* berbasis Arduino yang mengandalkan perbandingan intensitas cahaya pada dua sisi sensor LDR [4], [5]. Namun, sistem berbasis sensor optik ini memiliki kelemahan mendasar pada kondisi cuaca yang tidak menentu, seperti saat mendung atau terjadi bayangan parsial (*partial shading*). Taha dkk. mencatat bahwa fluktuasi intensitas cahaya sering menyebabkan motor bergerak tidak stabil (*jitter*), yang justru memboroskan energi baterai dan memperpendek umur mekanik aktuator [6]. Selain itu, sistem otomatis penuh sulit dikendalikan ketika pengguna ingin memosisikan panel

pada sudut tertentu secara manual untuk keperluan perawatan (*maintenance*) atau mitigasi risiko saat cuaca buruk.

Di sisi lain, integrasi teknologi Internet of Things (IoT) pada sistem energi surya sejauh ini umumnya masih terbatas pada fungsi pemantauan (*monitoring*) satu arah. Gunoto dkk. dan Pamungkas dkk. telah berhasil merancang sistem monitoring daya berbasis ESP8266 yang menampilkan data tegangan dan arus melalui smartphone [7], [8]. Aditya dkk. juga mengembangkan prototipe serupa untuk memantau kinerja tracker, namun sistem tersebut belum dimanfaatkan secara optimal untuk fungsi kendali (*controlling*) jarak jauh [9]. Padahal, sebagaimana ditunjukkan dalam penelitian Radina mengenai kontrol beban berbasis IoT, platform seperti Blynk memiliki kapabilitas komunikasi dua arah yang handal untuk mengirimkan perintah kendali dari pengguna ke perangkat keras [10]. Ketiadaan fitur kendali manual nirkabel ini menjadi celah teknologi yang perlu dilengkapi untuk meningkatkan fleksibilitas operasional PLTS.

Berdasarkan permasalahan stabilitas sensor dan keterbatasan interaksi pengguna tersebut, penelitian ini mengusulkan pendekatan berbeda dengan merancang *Solar Tracker Single Axis* yang dikendalikan sepenuhnya secara nirkabel (*Remote Control*). Fauzi dkk. sebelumnya telah meneliti panel surya kapasitas mikro 10 WP, namun masih menggunakan metode pelacakan otomatis yang rentan gangguan visual [11]. Penelitian ini akan menggabungkan panel 10 WP tersebut dengan sistem kendali posisi manual melalui antarmuka slider pada aplikasi Blynk, yang terintegrasi dengan pemantauan parameter tegangan, arus, dan daya (V, I, P). Setiana dkk. menyimpulkan bahwa penggunaan modul ESP32 pada sistem tracker memberikan keandalan komunikasi data yang baik untuk aplikasi real-time [12]. Dengan metode ini, pengguna memiliki otoritas penuh untuk mengatur sudut panel berdasarkan waktu atau kondisi cuaca tanpa terganggu oleh kesalahan pembacaan sensor.

Penelitian ini bertujuan merancang bangun sistem pelacak surya sumbu tunggal 10 WP dengan kendali jarak jauh dan *monitoring* terpadu berbasis IoT. Fokus utamanya adalah mengatasi pemborosan daya akibat pergerakan acak (*hunting effect*) pada sensor cahaya konvensional saat mendung, dengan mengimplementasikan sistem kendali

*Auto-Manual Mode* via aplikasi. Selain menguji responsivitas komunikasi dua arah, penelitian ini menganalisis karakteristik profil energi yang dihasilkan pada berbagai sudut presisi. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan solusi efisiensi energi sekaligus berkontribusi pada pengembangan media pembelajaran teknologi energi terbarukan yang modern dan handal.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membangun konstruksi mekanik serta sistem kendali *Auto-Manual Mode* jarak jauh berbasis *Internet of Things* (IoT) pada *solar tracker single axis* untuk panel surya berkapasitas 10 WP?
2. Bagaimana mengimplementasikan sistem akuisisi data berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memantau parameter tegangan dan arus keluaran panel surya secara *real-time*?
3. Bagaimana karakteristik kinerja keluaran energi (tegangan, arus dan daya) yang dihasilkan oleh sistem *solar tracker single axis* berdasarkan *data logging* pada kondisi cuaca yang bervariasi?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan penelitian dalam penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun konstruksi mekanik serta sistem kendali *Auto-Manual Mode* jarak jauh berbasis *Internet of Things* (IoT) pada *solar tracker single axis* untuk panel surya berkapasitas 10 WP..
2. Mengimplementasikan sistem akuisisi data dan *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) melalui aplikasi Blynk untuk memantau parameter tegangan dan arus keluaran panel surya secara *real-time*..
3. Mengetahui dan menganalisis karakteristik kinerja keluaran energi (tegangan, arus, dan daya) yang dihasilkan oleh sistem *solar tracker single axis* berdasarkan hasil pencatatan data (*data logging*) pada kondisi cuaca yang bervariasi.

## 1.4 Kegunaan Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan baik dari segi pengembangan ilmu pengetahuan maupun penerapan teknologi di lapangan, antara lain:

### 1.4.1 Manfaat Teoretis

Manfaat Teoretis pada penelitian ini adalah:

1. Validasi Komunikasi Dua Arah (*Bidirectional*)

Memberikan referensi teknis mengenai implementasi sistem IoT yang menggabungkan fungsi telemetri (*monitoring* data energi) dan aktuasi (*controlling* sudut servo) dalam satu kanal komunikasi nirkabel pada sistem perangkat energi terbarukan.

2. Analisis Efisiensi Sistem Kendali

Menyediakan data empiris mengenai kinerja panel surya tanpa sensor cahaya (LDR). Penelitian ini membuktikan bahwa penerapan kendali *Auto-Manual Mode* terbukti lebih efektif dalam menghindari pemborosan daya mekanik akibat pergerakan acak aktuator (*hunting effect*) saat terjadi anomali fluktuasi cuaca (mendung).

### 1.4.2 Manfaat Praktis

1. Media Edukasi Interaktif

Menjadi instrumen atau alat peraga pembelajaran di bidang Teknik Elektro yang memungkinkan mahasiswa mendemonstrasikan hubungan antara sudut jatuh cahaya matahari dan efisiensi daya secara visual serta *real-time* melalui antarmuka *smartphone*.

2. Fleksibilitas dan Keamanan Operasional: Memberikan solusi kendali jarak jauh yang memudahkan teknisi atau pengguna untuk memosisikan panel surya pada sudut aman saat terjadi cuaca ekstrem (badai/angin kencang), serta mempermudah posisi panel untuk keperluan pembersihan atau perawatan (*maintenance*) tanpa memerlukan interaksi fisik secara langsung.

## 1.5 Keterbaruan

1. Beberapa penelitian terdahulu telah membahas rancang bangun solar tracker dan sistem monitoring energi. Namun, terdapat perbedaan signifikan antara penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian yang diusulkan disajikan dalam uraian berikut:
2. Metode Kendali: Menggantikan sistem otomatis konvensional berbasis sensor cahaya (LDR) yang rentan mengalami pergerakan acak (*hunting effect/jitter*) saat cuaca berawan. Penelitian ini mengusulkan sistem kendali Auto-Manual Mode jarak jauh, di mana pergerakan aktuator dapat diatur secara presisi melalui instruksi tombol preset waktu (*Auto*) maupun kendali geser (*slider*) secara bebas (Manual) melalui smartphone.
3. Arsitektur IoT: Menerapkan komunikasi data Dua Arah (*Bidirectional*), di mana mikrokontroler tidak hanya berfungsi sebagai pengirim data telemetri kelistrikan (tegangan dan arus) ke aplikasi, tetapi juga secara real-time bertindak sebagai penerima instruksi aktuasi sudut servo dari pengguna dengan tingkat latensi yang rendah.

Pernyataan Kebaruan (*Statement of Novelty*): "Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada rancang bangun *Solar Tracker Single Axis* skala mikro (10 WP) yang meniadakan sensor cahaya konvensional untuk menghindari pemborosan daya akibat *hunting effect*, dan menggantikannya dengan mekanisme kendali *Auto-Manual Mode* nirkabel berbasis IoT Blynk. Sistem ini mengintegrasikan aktuasi mekanik jarak jauh yang presisi dengan pemantauan parameter energi secara *real-time*, guna menghasilkan perangkat pelacak matahari yang stabil, kebal terhadap gangguan anomali cuaca (mendung/bayangan awan), dan memiliki efisiensi operasional yang tinggi."