

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Energi memiliki peran yang penting dalam kehidupan manusia. Energi dapat membantu manusia dalam berbagai kegiatan. Energi terbagi menjadi dua, yaitu energi tak terbarukan dan energi baru terbarukan. Energi tak terbarukan merupakan energi yang didapatkan dari fosil yang telah terbentuk berjuta tahun lamanya. Sedangkan energi baru terbarukan ialah energi yang diperoleh dari alam, tidak terbatas, serta tidak akan pernah habis (Hasrul et al., 2021) . Salah satu contoh energi baru terbarukan adalah energi matahari. Energi matahari merupakan energi yang didapat dengan cara mengubah energi panas matahari dengan menggunakan peralatan tertentu menjadi energi dalam bentuk lain.

Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis dan memiliki intensitas penyinaran matahari yang tinggi, dikarenakan posisi Indonesia yang berada pada garis khatulistiwa. Dengan posisi Indonesia yang mendapatkan penyinaran matahari yang baik, maka Indonesia menjadi wilayah yang tepat untuk menerapkan pemasangan energi baru terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Jika dikelola dengan baik, maka penerapan panel surya pada wilayah Indonesia merupakan pilihan yang tepat (Rahman, dkk, 2020). Terlebih, penggunaan energi baru terbarukan merupakan solusi yang tepat, mengingat ketersediaan energi tak terbarukan sangat terbatas dan akan habis jika digunakan secara terus-menerus. Namun dengan besarnya peluang penggunaan energi baru terbarukan ini, angka pemanfaatannya masih tergolong rendah yaitu 15,9% pengguna di seluruh Indonesia berdasarkan Laporan Perkembangan PLTS Indonesia pada tahun 2025 oleh Kementerian ESDM. Berdasarkan data diatas dari Energi Baru dan Terbarukan dari Kementerian ESDM, Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE) menyatakan tenaga surya menempati posisi ke-4 paling tinggi dalam menghasilkan energi listrik dengan besaran 1.494 MW di tahun 2025, target yang ingin dicapai pada tahun 2026 adalah sebesar 13.886 MW yang mana akan terus meningkat seiring berjalannya waktu. Ketiadaan sistem monitoring jarak jauh pada panel surya menyebabkan potensi dan efisiensi PLTS belum dapat dimaksimalkan sepenuhnya. Monitoring yang terbatas

pada sistem internal PLTS menghambat kemampuan untuk mengawasi dan mengelola produksi energi secara efektif. Hal ini menyulitkan pemantauan secara real-time, memperlambat deteksi dini terhadap masalah, serta mengurangi peluang untuk mengoptimalkan kinerja, oleh karena itu pengembangan sistem monitoring berbasis internet menjadi langkah penting untuk menjawab tantangan ini dan mendukung pemantauan jarak jauh secara efektif.

(Lubna et al., 2021) menjelaskan bahwa sel surya merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek *photovoltaic*. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi efisiensi panel surya adalah temperatur, koneksi kabel, inverter, debu, dan baterai. Faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi performa dan kinerja yang dihasilkan oleh panel surya. Untuk meminimalisir penurunan performa panel surya, maka dibutuhkan sistem kontrol dan monitoring. Untuk meminimalisir penurunan performa panel surya, maka dibutuhkan sistem *monitoring*.

Pangestu, dkk. (2019: 188), memaparkan bahwa *monitoring* merupakan tahap pengumpulan data dan juga pengukuran atas suatu objek. *Monitoring* memiliki tujuan untuk memperoleh *feedback* bagi kebutuhan program yang sedang dilaksanakan, dengan mengetahui kebutuhan maka pelaksanaan program akan dipersiapkan sebaik mungkin. Proses *monitoring* yang dilakukan pada panel surya dilakukan untuk melihat data yang masuk secara *real time*, mengetahui besarnya konsumsi harian rata-rata energi yang dihasilkan, dan besarnya kapasitas pembebanan, sehingga suplai listrik terjamin (Mungkin, dkk., 2020: 320). Pada penelitian terdahulu, yang telah dilakukan oleh (Said et al., 2022) membahas mengenai perancangan sistem *monitoring* panel surya yang hanya dilakukan pada 1 panel surya, sistem akan mencatat arus, tegangan, suhu, serta menampilkannya pada layar *display* secara *real time* dan kemudian merekamnya dalam bentuk file.txt setiap 5 menit sekali ke dalam microSD. Proses *monitoring* yang dilakukan tidak dapat dilakukan dengan jarak jauh. Penelitian yang dilakukan oleh Mungkin, dkk (2020), dan Prasetyo & Wardhana (2021) juga melakukan perancangan sistem *monitoring* panel surya yang dirancang secara *realtime* dan dilakukan secara *online*. Mungkin, dkk. (2020) menggunakan *web firebase* dalam sistem *monitoring*-nya, dan Wardhana (2021) menggunakan *thingier.io* dalam proses *monitoring*-nya.

Namun, dalam ketiga penelitian tersebut, proses *monitoring* hanya dilakukan pada 1 panel surya.

Namun demikian, penelitian-penelitian sebelumnya masih memiliki keterbatasan dalam hal skala dan fleksibilitas sistem monitoring. Selain itu, masih terbatasnya integrasi antar sensor serta akses data secara jarak jauh juga menjadi kendala yang menghambat optimalisasi pemanfaatan energi surya. Padahal, berdasarkan laporan dari Kementerian ESDM tahun 2025, kebutuhan akan sistem monitoring yang canggih dan dapat diakses secara daring semakin mendesak, seiring dengan meningkatnya target kapasitas PLTS hingga 13.886 MW pada tahun 2026. Di samping itu, masih minimnya pemanfaatan platform IoT open source yang mudah dikembangkan dan diakses oleh berbagai kalangan, terutama di lingkungan pendidikan dan skala rumah tangga, turut menjadi hambatan dalam adopsi teknologi monitoring panel surya secara luas. Menurut Nugraha, dkk. (2022), sebagian besar sistem yang telah dikembangkan masih berbasis perangkat lunak tertutup atau memerlukan biaya tinggi untuk server cloud, sehingga menyulitkan pengembangan lanjutan oleh pengguna pemula maupun peneliti skala kecil. Dari paparan penelitian terdahulu, maka penelitian ini akan mengembangkan penelitian yang sebelumnya telah dilakukan, yaitu merancang sistem *monitoring* panel surya secara *realtime* dan terpusat menggunakan *thinksboard*. Sistem *monitoring* menggunakan panel surya, dua sensor tegangan dan sensor cahaya. Data yang didapat dari panel surya akan diproses pada ESP32 sebelum akhirnya akan ditampilkan pada *web Arduino CCloud*. Melalui *Arduino CCloud*, data hasil monitoring dapat diakses dalam jarak jauh maupun dekat. Dengan perancangan sistem ini, diharapkan dapat melakukan *monitoring* panel surya secara *realtime* dan terpusat. Sehingga proses *monitoring* akan lebih mudah dilakukan, baik dalam jarak jauh maupun dekat.

Sehingga, judul yang diambil dalam penelitian ini adalah : “ Rancang Bangun Prototipe Sistem Monitoring Arus Tegangan dan Daya Pada PLTS 100 WP Sistem *Hybrid* Berbasis Internet Of Things (IoT) Menggunakan *Arduino CCloud* ”.

1.2 Identifikasi Masalah

Dari uraian latar belakang tersebut dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Tingkat pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT) di Indonesia masih tergolong rendah, sehingga diperlukan upaya peningkatan penggunaan energi alternatif, khususnya energi surya.
2. Sulitnya mendeteksi gangguan listrik seperti overvoltage, undervoltage, atau arus berlebih secara cepat dan akurat.
3. Kurangnya prototipe monitoring arus dan tegangan secara real-time pada PLTS skala kecil (100 WP).

1.3 Pembatasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pengelolaan data hasil pembacaan sensor menggunakan mikrokontroler ESP 32S melalui Aplikasi *Arduino CCloud*.
2. Modul yang digunakan Adalah WIFI ESP 32S sebagai penghubung aplikasi *Arduino CCloud*
3. Sensor arus dan tegangan yang digunakan adalah AC712, PZEM-017, dan PZEM-004T

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah, maka dalam penelitian ini dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang mampu mengkonversi energi fotovoltaiik dari sinar matahari menjadi energi listrik secara optimal?
2. Bagaimana cara mengintegrasikan sensor tegangan, arus, dan daya dengan mikrokontroler ESP 32S untuk mendapatkan data panel surya secara akurat?
3. Bagaimana cara untuk memonitoring besaran nilai arus dan tegangan pada sistem PLTS secara *online* dan *real-time* menggunakan aplikasi *Arduino CCloud* berbasis *Internet of Things* (IoT).

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi energi terbarukan melalui perancangan sistem monitoring

panel surya berbasis Internet of Things (IoT) secara *real-time* dan terpusat, guna meningkatkan efisiensi, efektivitas, serta mendukung pemanfaatan energi baru terbarukan secara luas di Indonesia.

1. Merancang dan membangun prototipe sistem monitoring arus, tegangan, dan daya pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 100 WP sistem hybrid berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan *Arduino Cloud*.
2. Menghasilkan sistem monitoring untuk mengukur besaran listrik yang mudah diakses untuk mendukung pemantauan panel surya secara *real-time*.
3. Menguji kinerja dan akurasi sistem monitoring dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur pembanding untuk mengetahui tingkat kesalahan pengukuran.
4. Menganalisis perbedaan karakteristik kelistrikan antara sumber PLN dan inverter pada sistem PLTS hybrid berdasarkan hasil pengujian tegangan, arus, daya, dan faktor daya..

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- **Manfaat Teoritis**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Pendidikan Teknik Elektro dan energi terbarukan, dengan:

1. Menambah referensi ilmiah mengenai perancangan dan implementasi sistem monitoring PLTS hybrid berbasis *Internet of Things* (IoT), khususnya pada skala kecil (100 WP).
2. Memberikan kontribusi terhadap kajian teori terkait pengukuran parameter kelistrikan arus, tegangan, dan daya pada sistem PLTS DC dan AC menggunakan sensor ACS712, PZEM-017, dan PZEM-004T.
3. Menjadi bahan rujukan bagi penelitian selanjutnya yang membahas integrasi mikrokontroler ESP32S, sistem PLTS hybrid, dan *platform cloud* (*Arduino Cloud*) dalam sistem monitoring energi listrik secara real-time dan terpusat.
4. Memperkaya kajian akademik mengenai penerapan IoT sebagai media monitoring dan akuisisi data kelistrikan pada sistem energi terbarukan.

- **Manfaat Praktis**

Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak, antara lain:

Bagi Mahasiswa

1. Menjadi sarana penerapan teori yang diperoleh selama perkuliahan ke dalam bentuk rancang bangun sistem nyata, khususnya pada bidang PLTS dan IoT.
2. Meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam perancangan sistem monitoring, pemrograman mikrokontroler ESP32, serta integrasi sensor dan platform cloud.

Bagi Institusi Pendidikan

1. Dapat dijadikan sebagai media pembelajaran dan praktikum pada mata kuliah terkait energi terbarukan, sistem kendali, dan Internet of Things.
2. Menjadi referensi pengembangan alat peraga atau modul praktikum PLTS berbasis IoT di lingkungan pendidikan.

Bagi Masyarakat dan Pengguna PLTS

1. Memberikan solusi sistem monitoring arus, tegangan, dan daya PLTS yang dapat diakses secara real-time dan jarak jauh melalui Arduino Cloud.
2. Membantu pengguna PLTS dalam memantau kinerja sistem, mendeteksi gangguan lebih dini, serta meningkatkan efisiensi dan keandalan penggunaan energi surya.

Bagi Peneliti Selanjutnya

1. Menjadi acuan dan dasar pengembangan penelitian lanjutan terkait monitoring PLTS skala lebih besar, integrasi multi-panel, atau pengembangan sistem berbasis platform IoT lainnya.
2. Memberikan gambaran implementasi sistem monitoring yang dapat dikembangkan ke arah smart energy system.