

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Matahari merupakan salah satu fenomena alam yang memiliki banyak manfaat bagi kelangsungan makhluk hidup di bumi. Terletak di garis khatulistiwa, Indonesia menerima cahaya matahari selama sepuluh hingga dua belas jam sehari. Dimungkinkan untuk menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energi terbarukan. Bahan bakar fosil saat ini adalah sumber energi yang paling banyak digunakan untuk pembangkit listrik, tetapi karena tidak dapat diperbarui, bahan bakar fosil akan habis dan habis seiring berjalannya waktu. Salah satu cara untuk mendapatkan energi dari sinar matahari untuk memenuhi kebutuhan manusia adalah dengan menggunakan panel surya, suatu alat yang dapat mengubah energi sinar matahari menjadi tenaga listrik. Masyarakat Indonesia sangat membutuhkan listrik. Banyak peralatan elektronik rumah tangga yang digunakan dan peningkatan jumlah penduduk menyebabkan peningkatan kebutuhan listrik. Energi surya sangat mudah dan murah untuk digunakan, tetapi perubahan intensitas cahaya setiap hari serta jarak antara matahari terbit dan terbenam mengurangi efisiensi. Banyak penelitian mencoba meningkatkan efisiensi panel surya dengan membuat sistem pelacakan. Oleh karena itu, untuk mendapatkan titik daya terbaik dari panel surya, diharapkan sistem yang dapat mengawasi panel surya dapat meningkatkan efisiensi energi surya (Rizkianto et al., 2022). Dengan meningkatnya permintaan energi, pasokan energi semakin meningkat, yang mengakibatkan peningkatan kinerja pembangkit listrik. Akibatnya, pasokan energi fosil, terutama batubara dan minyak, semakin menipis. Menurut data yang dirilis oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Republik Indonesia, konsumsi listrik per kapita di Indonesia telah meningkat secara signifikan selama beberapa tahun terakhir. Dari tahun 2007 hingga 2016, konsumsi listrik per kapita meningkat dua kali lipat karena pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan populasi

(Alnavis et al., 2024).

Pengembangan sumber energi terbarukan, seperti energi surya, saat ini mendapat dukungan penuh dari berbagai kebijakan dan aturan di Indonesia, termasuk di dalamnya Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 12 Tahun 2019 mengenai kapasitas pembangkit listrik untuk kebutuhan pribadi. Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang bersifat mandiri (*off-grid*) memiliki keuntungan strategis dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan mendukung ketahanan energi nasional. Namun, untuk memaksimalkan potensi besar tersebut, diperlukan sistem pengawasan yang andal untuk menjamin efisiensi serta kesinambungan dalam distribusi daya pada komponen PLTS berlangsung optimal. Dengan demikian, penelitian ini menyoroti pengembangan alat pemantau yang menggunakan ESP32 dan *platform* IoT *ThingSpeak* sebagai solusi teknologi untuk memantau parameter arus dan tegangan secara real-time, sehingga peralihan menuju pemakaian energi bersih dapat dikelola dengan lebih efektif dan terukur (Corio et al., 2023).

Sama halnya dengan energi konvensional, sumber energi terbarukan juga mempunyai sejumlah keuntungan dan kerugian yang patut diperhatikan. Salah satu sisi positifnya adalah ketersediaannya yang melimpah serta mudah dijangkau, tidak akan habis, memberikan manfaat bagi lingkungan, dapat dimanfaatkan dengan bantuan teknologi yang tepat, serta mandiri karena tidak memerlukan pemeliharaan yang rumit. Sementara itu, kekurangan yang dihadapi meliputi tingginya biaya investasi di awal, ketergantungan yang signifikan terhadap keadaan cuaca, perlunya sistem penyimpanan energi tambahan, dan kurangnya pengalaman dalam menguasai teknologi yang terus berinovasi. Pada era modern saat ini, memenuhi kebutuhan energi suatu negara menjadi faktor yang sangat penting untuk mendukung pertumbuhan ekonomi nasional. Penggunaan energi terbarukan sangat penting untuk menurunkan risiko perubahan iklim global, meningkatkan kesehatan masyarakat secara preventif, menciptakan efek pengganda (*multiplier effect*) di sektor industri ramah lingkungan, dan mengurangi ketergantungan negara pada bahan bakar

fosil yang semakin berkurang. Untuk memastikan keberhasilan transisi ini, sangat diperlukan peningkatan kapasitas sumber daya manusia di bidang energi listrik, penguatan teknis sistem jaringan (grid), regulasi yang mendukung penggunaan energi bersih, dan insentif menarik bagi investor swasta. Indonesia, sebagai negara kepulauan dengan iklim tropis yang memiliki potensi sinar matahari berlimpah sepanjang tahun, memiliki peluang yang menguntungkan untuk memperkuat ketahanan energi tersebut. Melalui pendekatan terintegrasi dalam pengelolaan regulasi serta penerapan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) untuk memprediksi potensi energi, dapat diperkirakan Indonesia akan dapat mempercepat pencapaian target emisi nol bersih (*net-zero emission*) dan meningkatkan kedaulatan ekonomi nasional di masa depan (Manahara et al., 2023).

Meskipun begitu, ada banyak alasan yang kuat mengapa energi terbarukan semakin diminati dan populer di Indonesia saat ini. Salah satu alasan utamanya adalah karena bentuk energi ini jauh lebih ekonomis dalam jangka panjang, bersifat ramah lingkungan, serta sebagian besar tidak menghasilkan polusi ketika digunakan. Ini menjadi perubahan yang signifikan, karena jika kita terus-menerus bergantung pada penggunaan energi konvensional secara berlebihan, tindakan eksploitasi sumber daya energi fosil seperti gas, minyak, dan batu bara pasti akan menyebabkan kerusakan yang berat terhadap keseimbangan ekosistem dan kelestarian lingkungan di masa depan (Kundaryanti et al., 2023).

Indonesia belum mencapai tingkat pemanfaatan energi terbarukan yang ideal. Masalah besarnya yang ketergantungan pada sumber energi fosil seperti batu bara dan minyak bumi. Sebagian besar dominasi bahan bakar fosil disebabkan oleh infrastruktur sektor energi yang mapan dan kontribusinya yang besar terhadap perekonomian nasional. Sebagai contoh, industri batu bara adalah salah satu penyumbang utama ekspor devisa negara. Kondisi ini menciptakan ketergantungan energi dan ekonomi yang sulit dihilangkan. Selain itu, kebijakan energi Indonesia seringkali tidak konsisten dan tidak terintegrasi, yang menghambat kemajuan industri energi terbarukan. Sebagai

contoh, meskipun ada kebijakan yang mendukung penggunaan energi terbarukan, implementasinya sering terkendala oleh birokrasi yang rumit dan kurangnya insentif ekonomi bagi investor. Regulasi yang tumpang tindih dan perubahan kebijakan juga membuat pelaku industri merasa tidak yakin, yang menghambat investasi. Salah satu kendala utama dalam mengembangkan energi terbarukan adalah keterbatasan infrastruktur. Banyak daerah masih belum memiliki jaringan listrik yang andal, terutama di daerah terpencil dan pulau-pulau kecil. Hal ini membuat lebih sulit untuk menjalankan proyek energi terbarukan dengan baik. Sebaliknya, negara berkembang seperti Indonesia menghadapi kendala karena teknologi energi terbarukan membutuhkan investasi awal yang cukup besar. Seperti yang disebutkan sebelumnya, Indonesia memiliki peluang besar untuk mengembangkan energi terbarukan. Indonesia memiliki potensi besar untuk menjadi pemimpin regional dalam transisi menuju energi bersih, karena memiliki banyak sumber daya alam. Indonesia dapat memperoleh dukungan internasional, baik dalam bentuk pendanaan maupun bantuan teknis, untuk mengatasi masalah ini dan mempercepat peralihan ke sistem energi yang lebih berkelanjutan (Mudhoffar & Magriasti, 2024).

Seiring waktu, teknologi panel surya terus berkembang, tetapi tidak untuk teknologi optimasi, pengawasan, dan manajemen. Akibatnya, tidak mengherankan jika PLTS mungkin menurunkan kinerja dan kehilangan kemampuan konversinya. Karena radiasi matahari dan kondisi solar cell sendiri sangat memengaruhi efisiensi sistem PLTS, monitoring secara real-time sangat penting untuk mengetahui kinerjanya. Sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dibagi menjadi tiga kategori. PLTS *on-grid* terhubung langsung ke jaringan PLN, PLTS *off-grid* tidak terhubung langsung ke jaringan PLN, dan yang terakhir PLTS hybrid yang digabungkan dengan jenis pembangkit lain (Ramdan & Damayanti, 2024). Sejauh ini, banyak ilmuwan yang telah mengembangkan berbagai teknologi sehubungan dengan teknologi ini, termasuk seperti komponen ESP32. Kemampuan ESP32 untuk melakukan banyak tugas sekaligus sangat penting untuk tindakan keamanan siber di

perangkat IoT, karena dapat mengfilter paket dengan sumber daya rendah menggunakan pembelajaran mesin untuk mengklasifikasikan paket dan mengecualikan masalah berbahaya, dan meningkatkan keamanan (Achmad & Nurjanah A, 2024).

Pembangkit listrik tenaga surya menggunakan penyinaran matahari sebagai sumber energi terbarukan untuk menghasilkan listrik. Modul surya mengubah radiasi matahari menjadi energi, yang kemudian diubah menjadi daya. Beberapa faktor, termasuk penyinaran matahari, suhu, dan kecepatan angin, memengaruhi bagaimana modul surya bekerja. Pembangkit listrik tenaga surya harus dipantau secara real-time untuk mendapatkan kinerja terbaik. Pemantauan real-time dapat memberikan informasi tentang status dan kondisi pengoperasian sistem. Infrastruktur jaringan yang terus berkembang mendorong pertumbuhan internet yang sangat pesat, yang berdampak besar pada pengembangan sistem pemantauan dan pengendalian. Setiap perangkat sekarang memiliki identitas yang dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh berkat kemajuan internet. Teknologi ini dikenal sebagai *Internet of Things* (IoT). IoT telah meningkat dalam sistem pemantauan dan sangat membantu pemantauan jarak jauh yang murah. Ini memungkinkan peralatan yang terhubung ke internet berinteraksi satu sama lain dan komunikasi peralatan-ke-pengguna (Made et al., 2023).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada uraian latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang dibahas dalam perancangan ini :

1. Bagaimana cara mengintegrasikan sensor arus dan tegangan dengan ESP32 untuk sistem monitoring PLTS *off-grid*?
2. Bagaimana cara mengirim dan menyimpan data arus dan tegangan secara *real-time* ke platform *ThingSpeak*?
3. Bagaimana cara mengolah dan menampilkan data arus dan tegangan yang telah disimpan di *ThingSpeak* agar mudah dipahami oleh pengguna?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dan manfaat yang ingin diperoleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1.3.1. Tujuan Penelitian

- a. Merancang dan mengintegrasikan sensor arus ACS712 serta sensor tegangan dengan ESP32 untuk sistem pemantauan (*monitoring*) PLTS *off-grid*.
- b. Integrasi sensor arus dan tegangan dengan ESP32
- c. Menampilkan data di *ThingSpeak* dan *ThingView*.

1.3.2. Manfaat Penelitian

- a. Menjadi referensi ilmiah dalam pengembangan sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT) pada sistem energi terbarukan, khususnya PLTS *off-grid*.
- b. Mempermudah pengguna dalam memantau performa dan parameter listrik PLTS secara jarak jauh tanpa batasan jarak (*remote monitoring*).

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat mencapai tujuan yang diinginkan, maka batasan masalah yang diberikan adalah sebagai berikut:

1. Pengujian dan pengambilan data performa sistem dilakukan pada instalasi PLTS *off-grid* skala mandiri di lingkungan rumah tinggal peneliti.
2. Perangkat keras (*hardware*) utama yang digunakan terbatas pada mikrokontroler ESP32, sensor arus ACS712, sensor tegangan *voltage divider*, dan LCD 20x4 I2C.
3. *Software* yang digunakan untuk penyimpanan dan visualisasi data dibatasi pada *platform cloud ThingSpeak* dan aplikasi *ThingView* berbasis Android.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode penelitian skripsi yang akan dikerjakan meliputi 5 tahapan utama. Kelima tahap tersebut antara lain: tahap persiapan, tahap perencanaan sistem, tahap pengumpulan data, tahap analisa dan pengolahan data dan tahap

evaluasi dan pembuatan laporan.

1. Tahap persiapan

Tahap persiapan merupakan bagian dari rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan suatu data. Dalam tahap awal ini disusun hal-hal penting yang harus segera dilakukan dengan tujuan untuk mengefektifkan waktu dan pekerjaan. Tahap persiapan ini meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut: menentukan judul skripsi, pembuatan proposal penyusunan skripsi, studi pustaka terhadap materi desain untuk menentukan garis besarnya, dan menentukan kebutuhan data. Perencanaan jadwal pembuatan desain persiapan di atas harus dilakukan secara cermat untuk menghindari pekerjaan yang berulang, sehingga tahap pengumpulan data lebih optimal.

2. Tahap perencanaan sistem

Tahap ini akan memberikan sebuah gambaran mengenai langkah awal sampai dengan akhir penyusunan laporan skripsi. Pengembangan penjelasannya dituangkan dalam bentuk diagram alir yang tersusun secara rapi dan berurutan sesuai dengan proses kerjanya. Sistem tersebut dirancang berdasarkan gambaran awal ketika tahap persiapan.

3. Tahap pengumpulan data

Metode pengumpulan data yang dilakukan yaitu sebagai berikut: Metode literatur, yaitu mengumpulkan, mengidentifikasi dan mengolah data tertulis serta metode kerja yang digunakan, metode observasi yang dilakukan dengan tujuan untuk dapat mengetahui kondisi yang nyata di lapangan sehingga dapat diperoleh gambaran-gambaran sebagai pertimbangan dalam perencanaan desain struktur.

4. Tahap analisa dan pengolahan data

Setelah pengumpulan data, dilakukan proses pengujian sistem yang telah dibuat. Selanjutnya data dari hasil pengujian akan dianalisa untuk menghasilkan suatu kesimpulan dari hasil penelitian.

5. Tahap evaluasi dan pembuatan laporan

Tahap akhir merupakan evaluasi dari hasil pengujian sistem secara

keseluruhan. Ketika semua tujuan dari penelitian tercapai maka dilakukan proses pembuatan laporan akhir.

1.6 Sistematika Penulisan

1. Bab I : Pendahuluan

Bab ini berisi pendahuluan yang menjelaskan latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian serta sistematika penulisan.

2. Bab II : Teori Penunjang

Bab ini menjelaskan tentang teori penunjang skripsi.

3. Bab III : Perancangan Sistem

Bab ini berisi tentang langkah-langkah yang dilakukan meliputi rancangan sistem.

4. Bab IV : Hasil Penelitian Dan Sistem

Bab ini berisi tentang pembahasan.

5. Bab V : Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dan saran.