

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi terbarukan mengalami peningkatan signifikan di Indonesia seiring dengan kebutuhan energi listrik yang terus meningkat serta dorongan transisi energi nasional[1]. Potensi energi surya yang tinggi akibat letak geografis Indonesia pada wilayah khatulistiwa dengan rata-rata radiasi harian sebesar 4,5–5,5 kWh/m² menjadikan sistem fotovoltaiik sebagai solusi strategis dalam penyediaan energi listrik berkelanjutan. Pemanfaatan panel surya telah diaplikasikan pada berbagai sektor, termasuk pertanian, rumah tangga, serta industri skala kecil dan menengah[2]. Kinerja panel surya dipengaruhi oleh berbagai faktor operasional seperti intensitas radiasi matahari, suhu lingkungan, orientasi panel, serta kondisi instalasi[3]. Penumpukan debu pada permukaan modul surya menjadi salah satu faktor lingkungan yang dapat menurunkan performa sistem fotovoltaiik secara signifikan, khususnya pada daerah beriklim tropis seperti Indonesia[4]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa intensitas cahaya matahari memiliki keterkaitan langsung dengan daya keluaran panel surya, di mana peningkatan tingkat radiasi akan diikuti oleh kenaikan daya yang dihasilkan secara signifikan, sehingga monitoring menjadi aspek penting dalam menjaga performa sistem[4].

Sistem monitoring panel surya berbasis Internet of Things (IoT) telah banyak dikembangkan di Indonesia sebagai solusi pengawasan energi listrik secara real-time[5]. Implementasi monitoring berbasis IoT memungkinkan pengukuran parameter listrik seperti tegangan, arus, dan daya secara kontinu serta ditampilkan melalui perangkat mobile[6]. Aplikasi Blynk dapat dioperasikan melalui *smartphone* maupun melalui antarmuka berbasis web, sehingga memberikan fleksibilitas dalam proses monitoring baik pada jarak dekat maupun jarak jauh. Kondisi ini menjadikan sistem lebih efisien dan mampu meningkatkan efektivitas untuk pengawasan sistem jarak jauh dan dalam mengakses data secara real-time tanpa bergantung pada lokasi pengguna[7]. Sistem monitoring PLTS pada umumnya masih difokuskan pada pemantauan parameter listrik secara real-time.

Namun demikian, sistem yang ada belum dilengkapi dengan kemampuan analisis gangguan dan peringatan dini terhadap kondisi abnormal secara otomatis, sehingga proses identifikasi permasalahan pada sistem menjadi kurang cepat dan kurang efektif[8]. Kondisi ini menyebabkan keterlambatan dalam penanganan gangguan serta meningkatkan potensi kehilangan energi listrik yang dihasilkan[9].

Data logging menjadi komponen penting dalam pengembangan sistem deteksi dini gangguan karena memungkinkan pencatatan data historis secara kontinu[9]. Sistem monitoring panel surya tidak hanya berperan dalam pengambilan data secara *real-time*, tetapi juga melakukan penyimpanan data historis untuk menganalisis karakteristik performa sistem. Data yang tersimpan kemudian dimanfaatkan sebagai acuan dalam mengidentifikasi gangguan maupun anomali performa dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional[10]. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam sistem deteksi gangguan adalah *Rule-Based Fault Detection*, yaitu metode yang memanfaatkan aturan logika berdasarkan parameter hasil pengukuran untuk membedakan kondisi operasi normal dan kondisi gangguan. Pendekatan ini memiliki keunggulan karena mudah diimplementasikan, tidak memerlukan proses pelatihan model, serta mampu melakukan identifikasi gangguan secara cepat berdasarkan nilai parameter yang telah ditetapkan, sehingga sesuai diterapkan pada sistem monitoring panel surya berbasis mikrokontroler[11]. Keterlambatan dalam proses identifikasi gangguan pada sistem PLTS berpotensi menyebabkan kerusakan yang semakin parah serta berdampak pada penurunan umur komponen. Oleh karena itu, keberadaan sistem diagnosis yang mampu mendeteksi gangguan secara dini menjadi faktor penting dalam menjaga keandalan dan keberlangsungan kinerja sistem[12].

Penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa kebutuhan akan sistem monitoring otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) terus meningkat sebagai alternatif pengganti metode manual yang dinilai kurang efisien dan berisiko menyebabkan keterlambatan dalam proses identifikasi gangguan pada sistem PLTS. Hal ini diperkuat oleh temuan bahwa praktik monitoring yang masih bersifat konvensional mengakibatkan data tidak diperoleh secara *real-time*, sehingga proses

deteksi gangguan menjadi kurang responsif. Permasalahan utama dalam penelitian terapan ini terletak pada sistem monitoring PLTS yang pada umumnya masih berfokus pada pengukuran dan visualisasi parameter secara *real-time*, namun belum dilengkapi dengan kemampuan analisis gangguan secara otomatis sehingga proses identifikasi kondisi abnormal masih belum optimal[13]. Oleh karena itu, pengembangan sistem monitoring dan deteksi dini gangguan panel surya berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan *data logging* serta metode *Rule-Based Fault Detection* menjadi solusi yang relevan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Melalui pendekatan ini, sistem tidak hanya mampu melakukan pemantauan parameter operasional panel surya secara *real-time*, tetapi juga dapat mengidentifikasi kondisi normal maupun gangguan berdasarkan aturan logika yang memanfaatkan parameter hasil monitoring, seperti intensitas cahaya, arus, dan daya. Dengan demikian, proses deteksi dini dapat dilakukan secara cepat, konsisten, dan andal sehingga mendukung peningkatan kinerja serta keandalan sistem panel surya[11]. Data hasil pengukuran berupa tegangan, arus, daya, suhu, dan intensitas cahaya ditransmisikan secara kontinu ke aplikasi Blynk dan ditampilkan secara *real-time* sehingga proses pemantauan kondisi panel surya dapat dilakukan dengan lebih efektif serta memungkinkan pengguna memperoleh informasi kondisi sistem secara cepat.[14].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan di atas dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem monitoring panel surya berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mengakuisisi data tegangan, arus, daya, suhu, dan intensitas cahaya secara *real-time* menggunakan ESP32?
2. Bagaimana mengimplementasikan mekanisme *data logging* untuk menyimpan data historis sebagai dasar analisis sistem?
3. Bagaimana menerapkan metode *Rule-Based Fault Detection* berdasarkan parameter hasil monitoring untuk mendeteksi kondisi normal maupun gangguan pada sistem panel surya?

4. Bagaimana mengintegrasikan sistem deteksi dini gangguan dengan platform Blynk untuk menampilkan data monitoring dan memberikan notifikasi otomatis secara *real-time*?

1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian difokuskan pada pengembangan sistem monitoring dan deteksi dini gangguan panel surya berbasis Internet of Things (IoT) dalam skala kecil berupa prototipe atau laboratorium, tanpa mencakup implementasi pada sistem pembangkit listrik tenaga surya skala besar.
2. Parameter yang dimonitor meliputi tegangan, arus, daya, suhu panel, dan intensitas cahaya menggunakan sensor INA219, DS18B20, dan BH1750.
3. Mikrokontroler yang digunakan sebagai pusat pengolahan data adalah ESP32 dengan komunikasi nirkabel melalui jaringan WiFi.
4. Data hasil monitoring dikirim secara *real-time* ke aplikasi Blynk serta disimpan sebagai *data logging* pada Google Spreadsheet untuk keperluan analisis.
5. Metode deteksi gangguan yang diterapkan menggunakan *Rule-Based Fault Detection*, yaitu berdasarkan aturan logika yang memanfaatkan parameter hasil monitoring berupa intensitas cahaya, arus, dan daya.
6. Jenis gangguan yang dideteksi dibatasi pada tiga kondisi, yaitu *NORMAL*, *SHADOW*, dan *CABLE FAULT*, sesuai dengan aturan deteksi yang telah ditentukan.
7. Sistem notifikasi gangguan menggunakan fitur *Event Notification* pada aplikasi Blynk dan tidak mencakup media notifikasi lain seperti SMS, maupun aplikasi pesan instan.
8. Pengujian sistem dilakukan pada kondisi lingkungan nyata dengan memanfaatkan penyinaran matahari selama periode pengujian, tanpa melakukan simulasi kondisi cuaca ekstrem atau pengujian jangka panjang.
9. Evaluasi sistem difokuskan pada kinerja monitoring *real-time*, keberhasilan penyimpanan *data logging*, kemampuan mendeteksi gangguan berdasarkan metode *Rule-Based Fault Detection*, serta keberhasilan pengiriman notifikasi melalui aplikasi Blynk.

10. Evaluasi kinerja sistem difokuskan pada kemampuan deteksi dini gangguan, kecepatan respons notifikasi, serta kestabilan sistem monitoring berbasis IoT, tanpa mencakup analisis aspek ekonomi atau kelayakan investasi sistem.

1.4 Tujuan Tugas akhir

1. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan dan menyelesaikan studi pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Universitas Diponegoro.
2. Merancang dan membangun sistem monitoring panel surya berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 untuk mengakuisisi data tegangan, arus, daya, suhu, dan intensitas cahaya secara *real-time*.
3. Mengimplementasikan mekanisme *data logging* untuk menyimpan data historis hasil monitoring sebagai dasar analisis kinerja sistem panel surya.
4. Menerapkan metode *Rule-Based Fault Detection* berdasarkan parameter hasil monitoring berupa intensitas cahaya, arus, dan daya untuk mendeteksi kondisi normal maupun gangguan pada sistem panel surya.
5. Mengintegrasikan sistem monitoring dan deteksi dini gangguan dengan platform Blynk sebagai media pemantauan dan notifikasi secara *real-time*, serta Google Spreadsheet sebagai media *data logging* untuk penyimpanan data hasil monitoring secara otomatis.
6. Menganalisis kinerja sistem berdasarkan hasil monitoring, keberhasilan penyimpanan *data logging*, kemampuan mendeteksi kondisi *NORMAL*, *SHADOW*, dan *CABLE FAULT*, serta kecepatan respons notifikasi yang dikirim melalui aplikasi Blynk.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

1.5.1 Bagi Penyusun

1. Menerapkan ilmu teori dan praktik yang telah diperoleh selama menempuh pendidikan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri.
2. Meningkatkan kemampuan dalam perancangan dan implementasi sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) pada aplikasi panel surya.

3. Mengembangkan keterampilan dalam mengimplementasikan mekanisme *data logging*, sistem monitoring *real-time*, serta metode *Rule-Based Fault Detection* untuk mendeteksi kondisi normal maupun gangguan pada sistem panel surya.

1.5.2 Bagi Pembaca

1. Menjadi sumber informasi dan referensi bagi mahasiswa maupun peneliti yang mengembangkan sistem monitoring dan deteksi dini gangguan panel surya berbasis *Internet of Things* (IoT).
2. Memberikan gambaran mengenai penerapan sistem monitoring *real-time*, *data logging* menggunakan Google Spreadsheet, serta pemanfaatan platform Blynk sebagai media monitoring dan notifikasi.
3. Memberikan pemahaman mengenai penerapan metode *Rule-Based Fault Detection* untuk mendeteksi kondisi *NORMAL*, *SHADOW*, dan *CABLE FAULT* berdasarkan parameter hasil monitoring panel surya.

1.6 Metode Pengumpulan Data

Dalam pembuatan proposal, agar mempermudah penulis dalam memperoleh data yang diinginkan, maka digunakan metode pengumpulan data yang diperoleh dengan cara sebagai berikut:

1. Metode Interview

Metode interview merupakan salah satu cara pengumpulan data dengan mengajukan pertanyaan secara langsung pada pembimbing dan konsultasi terkait penyusunan proposal.

2. Metode Observasi

Metode observasi adalah salah satu cara pengumpulan data dengan pengamatan secara langsung kepada objek yang diteliti.

3. Metode Studi Literatur

Metode studi literatur merupakan salah satu cara pengumpulan data dengan mempelajari data, sumber-sumber, atau buku yang ada, maupun literasi artikel ilmiah atau jurnal yang ada di internet untuk memperkuat data yang telah didapatkan.

1.7 Sistematika Penulisan Laporan

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini memiliki sistematika penyusunan laporan agar dapat memaksimalkan pembahasan yang disampaikan dan penyusunan Tugas Akhir ini menjadi lebih tersusun, terarah, terstruktur, jelas, dan baik. Sistematika penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGESAHAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

ABSTRAK

ABSTRACT

HALAMAN PERSEMBAHAN

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang perancangan Tugas Akhir, identifikasi serta perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, metode penyusunan, serta sistematika penulisan Tugas Akhir.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini membahas tinjauan pustaka serta landasan teori yang digunakan sebagai dasar dan acuan dalam penyusunan Tugas Akhir.

BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR

Bab ini menjelaskan tahapan perancangan sistem yang meliputi diagram blok alat, wiring diagram, prinsip kerja alat, serta flowchart pengoperasian sistem.

BAB IV PEMBUATAN ALAT

Bab ini membahas proses pembuatan alat yang meliputi tahap perakitan perangkat, implementasi sistem, serta integrasi antara perangkat keras dan

perangkat lunak hingga alat dapat berfungsi sesuai dengan perancangan yang telah ditetapkan.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT

Bab ini membahas parameter-parameter yang diukur beserta nilai hasil pengujian. Selain itu, dijelaskan pula metode dan jenis pengujian yang dilakukan, serta analisis terhadap hasil pengukuran. Analisis tersebut dilakukan dengan membandingkan data hasil pengujian dengan parameter yang telah ditetapkan guna memastikan kinerja alat sesuai dengan tujuan penelitian.

BAB VI PENUTUP

Pada Bab ini menyajikan kesimpulan yang diperoleh dari hasil simulasi alat serta memberikan saran untuk pengembangan lebih lanjut.