

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam sistem tenaga listrik, keandalan operasi gardu induk tidak hanya ditentukan oleh suplai tegangan AC dari jaringan utama, tetapi juga sangat bergantung pada sistem catu daya DC yang digunakan untuk menyuplai perangkat kontrol, proteksi, dan komunikasi. Sumber daya DC ini umumnya berasal dari kombinasi battery charger dan bank baterai, yang dirancang untuk tetap bekerja bahkan saat suplai AC mengalami gangguan.

Kondisi baterai dan proses charging-discharge menjadi penentu utama keandalan sistem ini. Baterai yang tidak terpantau secara baik berisiko mengalami kegagalan fungsi, baik karena *overcharge*, *deep discharge*, maupun degradasi kapasitas akibat siklus penggunaan yang tidak terkendali. Dalam kondisi kritis, kegagalan sistem DC dapat menyebabkan perangkat proteksi dan kontrol tidak bekerja sebagaimana mestinya, dan berpotensi mengakibatkan kerusakan peralatan utama atau keterlambatan penanganan gangguan.

Di sisi lain, pengawasan terhadap performa baterai pada sistem panel DC di gardu induk masih banyak dilakukan secara manual dan periodik. Metode ini memiliki kelemahan dari segi akurasi data, keterbatasan waktu inspeksi, serta ketergantungan pada operator. Parameter penting seperti *State of Charge (SOC)*, *Depth of Discharge (DOD)*, serta jumlah siklus charge/discharge yang telah terjadi sering kali tidak tercatat secara real-time, padahal informasi tersebut sangat krusial untuk menentukan kondisi dan umur pakai baterai.

Perkembangan teknologi mikrokontroler dan Internet of Things (IoT) membuka peluang baru dalam pemantauan kondisi baterai secara otomatis dan terintegrasi. Dengan memanfaatkan sensor arus dan tegangan DC, mikrokontroler dapat membaca kondisi baterai secara kontinu. Data yang diperoleh kemudian dapat ditampilkan melalui layar TFT lokal dan dikirimkan ke sistem monitoring jarak jauh melalui jaringan WiFi, sehingga memungkinkan akses data secara *real-time* dan historis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring arus dan tegangan baterai pada panel DC gardu induk berbasis mikrokontroler ESP32. Sistem akan memantau proses *charging* dan *discharging* secara otomatis, menampilkan

data secara lokal melalui layar TFT, serta mengirimkan data ke server IoT untuk pencatatan dan analisis jangka panjang. Melalui pendekatan ini, diharapkan sistem dapat memberikan informasi yang akurat dan cepat untuk mendukung keputusan teknis terkait pemeliharaan dan penggantian baterai, serta meningkatkan keandalan sistem kelistrikan secara keseluruhan

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem monitoring proses *charging* dan *discharging* baterai pada panel DC gardu induk secara real-time?
2. Bagaimana cara membaca dan menampilkan parameter tegangan, arus, SOC, dan DOD menggunakan sensor INA226 dan mikrokontroler ESP32?
3. Bagaimana mengintegrasikan hasil pembacaan data ke dalam sistem IoT Blynk agar dapat dipantau dari jarak jauh?
4. Bagaimana sistem ini dapat menyajikan informasi historis terkait performa dan umur baterai, serta mendukung perencanaan pemeliharaan?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat dilaksanakan secara terarah dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, maka dilakukan pembatasan ruang lingkup sebagai berikut:

1. Sistem hanya memantau proses pengisian (*charging*) dan pelepasan (*discharging*) baterai pada panel DC gardu induk menggunakan sensor tegangan dan arus berbasis mikrokontroler.
2. Parameter yang diamati terbatas pada tegangan, arus, estimasi *State of Charge* (SOC), dan *Depth of Discharge* (DOD).
3. Inisialisasi nilai SOC dilakukan pada kondisi awal baterai dalam keadaan penuh (*full charge*) atau *float*, sehingga nilai SOC awal diasumsikan sebesar 100%.
4. Sistem tidak mencakup pengendalian proses *charging* atau *discharging*, melainkan hanya pemantauan dan pencatatan data.
5. Sistem dirancang untuk lingkungan gardu induk skala kecil hingga menengah dan tidak mempertimbangkan integrasi langsung dengan sistem SCADA.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring proses charging dan discharging baterai pada panel DC gardu induk berbasis mikrokontroler dan *Internet of Things* (IoT). Tujuan spesifik dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat sistem yang mampu membaca dan memantau parameter arus, tegangan, SOC (*State of Charge*), dan DOD (*Depth of Discharge*) baterai secara real-time.
2. Menampilkan hasil pembacaan parameter kelistrikan pada layar TFT secara lokal agar dapat diakses langsung oleh teknisi di lapangan.
3. Mengirimkan data pemantauan ke platform IoT Blynk untuk mendukung akses dan pencatatan data dari jarak jauh.
4. Menyediakan data historis penggunaan baterai yang dapat dimanfaatkan untuk analisis performa, prediksi umur baterai, dan mendukung keputusan pemeliharaan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi dunia industri, khususnya pengelola sistem kelistrikan gardu induk, sistem ini dapat digunakan sebagai solusi pemantauan baterai yang lebih akurat, efisien, dan mudah diakses baik secara lokal maupun jarak jauh.
2. Bagi teknisi pemeliharaan, sistem ini memberikan kemudahan dalam memperoleh data kondisi baterai secara real-time, sehingga proses inspeksi dan penentuan waktu penggantian baterai dapat dilakukan secara tepat berdasarkan data historis.
3. Bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, penelitian ini menjadi implementasi nyata dari integrasi sensor, mikrokontroler, serta teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem monitoring energi pada infrastruktur ketenagalistrikan.
4. Bagi penulis, penelitian ini menjadi sarana untuk mengasah kemampuan dalam merancang sistem tertanam (*embedded system*), pengolahan data analog, antarmuka visual, dan komunikasi data nirkabel secara terpadu.