BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan kebutuhan utama yang terus berkembang seiring perkembangan populasi, teknologi, dan industri. Sistem tenaga listrik terhubung dari pusat pembangkit, gardu induk, dan jaringan transmisi atau distribusi. Keberhasilan suatu operasi sistem tenaga listrik, salah satunya bergantung pada kinerja Gardu Induk yang efektif dan efisien [1]. Gardu Induk dituntut untuk mampu menjaga keandalan listriknya dengan baik sehingga dapat memberikan energi listrik sesuai dengan yang diharapkan konsumen [1].

Gardu Induk merupakan salah satu komponen penting dalam sistem tenaga listrik yang bertugas mendistribusikan energi listrik ke berbagai area. Keandalan Gardu Induk sangat bergantung pada sumber daya DC [2]. Sumber daya DC diperlukan untuk peralatan yang beroperasi di Gardu Induk yang terintegrasi dengan perangkat utama, seperti daya DC untuk *relay* serta motor penggerak PMS dan PMT [2].

Sistem DC pada Gardu Induk terdiri dari baterai dan *rectifier*. *Rectifier* berfungsi mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Permasalahan umum terjadi pada saat tegangan AC masuk ke rectifier, terutama akibat gangguan trip pada transformator pemakaian sendiri (PS), yang sering disebabkan oleh gangguan pada saluran transmisi atau transformator daya [3].

Ketika gangguan tersebut terjadi, baterai segera mengambil alih sebagai sumber cadangan tegangan DC agar peralatan proteksi dan komunikasi tetap beroperasi [2]. Berdasarkan observasi di lapangan, pemantauan kondisi baterai masih dilakukan secara manual menggunakan AVOmeter. Hal ini memerlukan waktu dan sumber daya manusia yang besar, serta menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi kerusakan atau degradasi baterai.

Tanpa perawatan dan pengamanan yang cepat, pemakaian baterai secara berkelanjutan oleh beban DC Gardu Induk dapat menyebabkan menurunnya kinerja baterai [4]. Gangguan pada sistem DC dapat mengakibatkan kegagalan sistem proteksi di Gardu Induk, yang pada akhirnya berpotensi menyebabkan blackout.

[2]. *Blackout* merupakan permasalahan yang tidak biasa terjadi pada Gardu Induk yang disebabkan karena terjadimya gangguan pada *transformator* daya ataupun gangguan pada saluran transmisi [5]. Seperti yang terjadi di Gardu Induk Perawang dari tahun 2018 hingga 2020, Gardu Induk Perawang mengalami total 10 kali pemadaman listrik *(blackout)*, dimana *transformator* PS Gardu Induk mati karena timbulnya permasalahan di *transformator* daya dan saluran transmisi [6]. Cadangan baterai yang kondisinya buruk juga menjadi faktor terjadinya *blackout.*

Teknologi *Internet of Things (IoT)* memungkinkan sistem monitoring dilakukan secara *online* dan terintegrasi. *Internet of Things (IoT)* merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara stabil yang memungkinkan untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya [7]. *Multiplexer* dapat digunakan untuk pembacaan nilai tegangan, terdiri dari 16 kanal *input/output* (C0–C15), empat pin kontrol selektor (S0–S3), dan satu jalur sinyal utama (SIG). Resistor pembagi tegangan juga perlu digunakan yang bertujuan untuk menurunkan nilai tegangan supaya tidak melampaui batas tegangan yang masuk ke *multiplexer.* Mikrokontroler seperti *NodeMCU ESP32* digunakan sebagai alat untuk mengirim data dari *output* sensor untuk ditampilkan di telegram [8] .

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring per *cell* baterai 110V DC di Gardu Induk berbasis *IoT* dengan tampilan Telegram. Sistem ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai kondisi baterai, serta memberikan notifikasi *early warning* jika terdapat kondisi sel baterai yang dibawah standar, sehingga mempercepat pengambilan keputusan terkait perawatan atau penggantian komponen yang rusak.

1.2 Kajian Penelitian

Dalam memeriksa penelitian sebelumnya untuk menvalidasi validitas penelitian yang dilakukan dan membantu meningkatkan literasi diskusi, Tabel 1.1. merupakan daftar referensi utama dengan penelitian terkait.

Tabel 1.1 Rujukan penelitian.

No.	Judul	Peneliti	Tahun
1.	Sistem Monitoring Tegangan DC 110 Volt Berbasis IoT pada Gardu Induk Kebonagung.	Arief Rachman Hermanto, Sugiono, dkk [9].	2020
2.	Rancang Bangun Monitoring Arus dan Tegangan Pada PLTS Sistem On Grid Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram.	Subuh Isnur Haryudo, Tri Wrahatnolo, Nurhayati [10].	2022
3.	Prototipe Monitoring Sistem Catu Daya 48 Volt DC pada Gardu Induk dengan Pemodelan HMI.	Muhammad Irsyad Baihaqi Janwar, dkk [11].	2022
4.	Analisa Kapasitas Baterai Sebagai Sumber DC Pada Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi 500 Kv PT. PLN (Persero) Tasikmalaya.	Muhammad Farisha Istiqla, dkk [12].	2023
5.	*Design of a Scada-based Recloser/Motorize Battery Durability Monitoring and Testing System*.	Bagus Dwi Ariyanto, Moethia Faridha, dkk [13].	2023

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

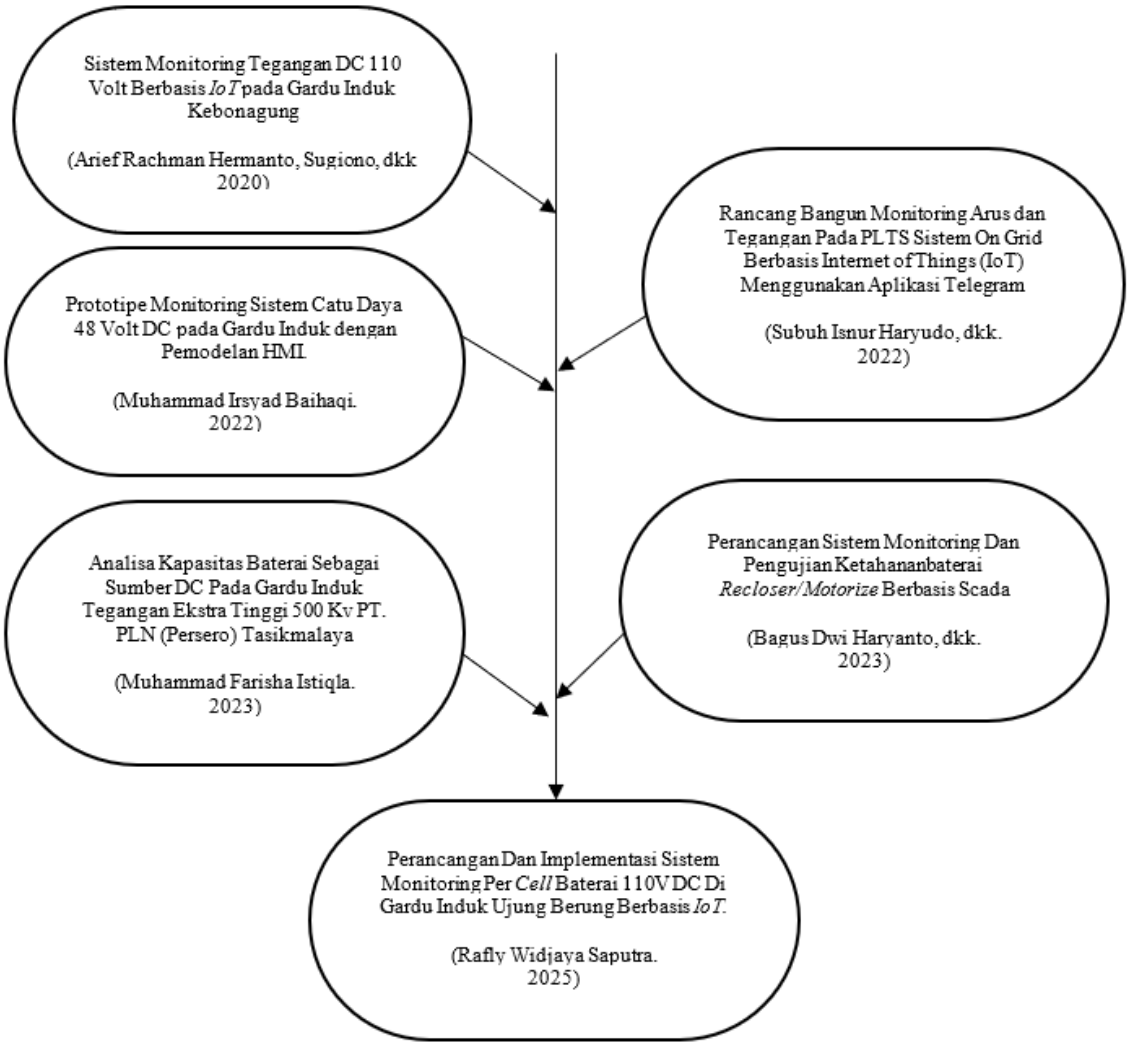
Penelitian [9] membahas pengembangan sistem monitoring berbasis *Internet of Things (IoT)* untuk memantau tegangan DC 110 Volt secara langsung di Gardu Induk Kebonagung. Sistem ini dirancang untuk mengatasi keterbatasan monitoring manual yang hanya dilakukan pada jam kerja, sehingga tidak efektif di luar jam tersebut. Penelitian ini menggunakan metode observasi untuk mengumpulkan data lapangan dan metode kuantitatif untuk analisis numerik. Perangkat yang dirancang melibatkan NodeMCU, ESP32, serta berbagai sensor seperti sensor arus, tegangan, dan suhu, yang datanya dikirim ke *cloud* melalui koneksi *Wi-Fi*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu memantau parameter penting secara *online* selama 24 jam, memberikan notifikasi dini *(early warning)* jika terjadi anomali pada total tegangan DC melalui *smartphone* dan *web dashboard*

Penelitian [10] membahas sistem monitoring arus dan tegangan PLTS berbasis *IoT* menggunakan Telegram. Dengan sensor dan mikrokontroler ESP32, sistem ini menghasilkan data akurat dengan rata-rata *error* rendah (0,14% DC, 0,094% AC). Inovasi ini memungkinkan pemantauan jarak jauh secara efisien, meskipun bergantung pada koneksi internet. Penelitian ini relevan untuk pengembangan sistem monitoring energi terbarukan, termasuk BMS pada baterai.

Penelitian [11] merancang prototipe sistem SCADA untuk memonitor tegangan catu daya 48 volt DC pada Gardu Induk. Sistem ini dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai media komunikasi dengan PC sebagai master melalui protokol *Modbus RTU via RS-485*. Data yang diterima ditampilkan dalam antarmuka HMI menggunakan *Haiwell Cloud* SCADA. Hasil pengujian menunjukkan kecepatan pengolahan data sebesar 0,8 detik, dengan tingkat kesalahan pembacaan data 1,4% pada baterai dan 0,8% pada beban.

Penelitian [12] membahas pentingnya baterai sebagai sumber arus DC dalam Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi untuk memastikan keandalan distribusi energi listrik. Sistem DC di gardu ini terhubung secara paralel dengan *rectifier* dan beban, sehingga baterai dapat langsung mengambil alih suplai saat sumber AC terganggu Melalui pengujian kapasitas baterai, ditemukan bahwa performa baterai di gardu ini berada pada kondisi andal karena bekerja sesuai atau bahkan melebihi standar IEEE. Baterai merk SAFT/NIFE NiCd yang diuji, dengan tegangan 48 VDC dan 110 VDC, menunjukkan bahwa setelah lima jam pengujian, tegangan akhir masing-masing masih berada dalam rentang aman, yaitu di atas 80% dari kapasitas maksimum.

Penelitian [13] merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring jarak jauh serta pengujian ketahanan baterai *recloser/motorize* berbasis teknologi *SCADA*. Sistem ini memungkinkan pemantauan kondisi baterai, termasuk mendeteksi baterai yang hilang, *dro*p, atau malfungsi *charge*r tanpa perlu inspeksi langsung di lokasi. Alat ini menggunakan relai *timer* untuk memutus *charger* setiap tiga hari selama 30 menit, Data kondisi baterai dikirimkan ke SCADA melalui RTU dengan waktu *delay* hanya 0,001 detik, menunjukkan komunikasi yang sangat cepat. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi alat ini tinggi, dengan error



Gambar 1.1 Hubungan penelitian.

Berdasarkan studi literatur dan kajian penelitian sebelumnya, terdapat kesempatan untuk merancang sistem monitoring baterai 110v DC pada baterai Gardu Induk Ujung Berung. *IoT* digunakan dengan menginterasikan *multiplexer* dan resistor pembagi tegangan untuk membaca tegangan yang dikonversi ke nilai ADC dan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler dan pengiriman data secara cepat. Data yang diperoleh kemudian diproses menggunakan *coding* yang telah dibuat untuk menghasilkan *output* data berupa tegangan dan klasifikasi kondisi baik, buruk, dan awas baterai per sel. Sistem juga mampu mengirimkan nitifikasi berupa *early warning* jika menemukan kondisi sel baterai yang dibawah standar. Sistem ini dirancang untuk, memonitoring kondisi baterai per sel di Gardu Induk

ujung berung, yang dapat diakses kapan saja dan dimana saja secara fleksibel oleh petugas.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan, rumusan masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana rancangan dan implementasi sistem monitoring per *cell* baterai 110V DC berbasis *IoT* di Gardu Induk Ujung Berung?
2. Bagaimana kinerja sistem monitoring per *cell* baterai 110V DC berbasis *IoT* di Gardu Induk Ujung Berung?

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dalam pelaksanaan penelitian ini berfokus pada:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring per *cell* baterai 110V DC berbasis *IoT* di Gardu Induk Ujung Berung.
2. Menganalisis kinerja sistem monitoring per *cell* baterai 110V DC berbasis *IoT* di Gardu Induk Ujung Berung.

1.5 Manfaat

Pada penelitian ini diharapkan dapat memperoleh beberapa manfaat berupa:

1. Manfaat Akademis

   Penelitian ini bertujuan memberikan pemahaman tentang implementasi perkembangan teknologi *IoT* khususnya dalam mengantisipasi gangguan sistem DC yang disebabkan oleh kondisi baterai dibawah < 1.2 Volt sesuai standar PLN, dan menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya di bidang sistem tenaga listrik berbasis *IoT.*

2. Manfaat Praktis

   Penggunaan sistem monitoring berbasis *IoT* mempermudah pemantauan kondisi baterai per-*cell* oleh operator di Gardu Induk, sehingga dapat dengan cepat mengetahui kondisi baterai yang perlu dilakukan pergantian atau pemeliharaan.

1.6 Batasan Masalah

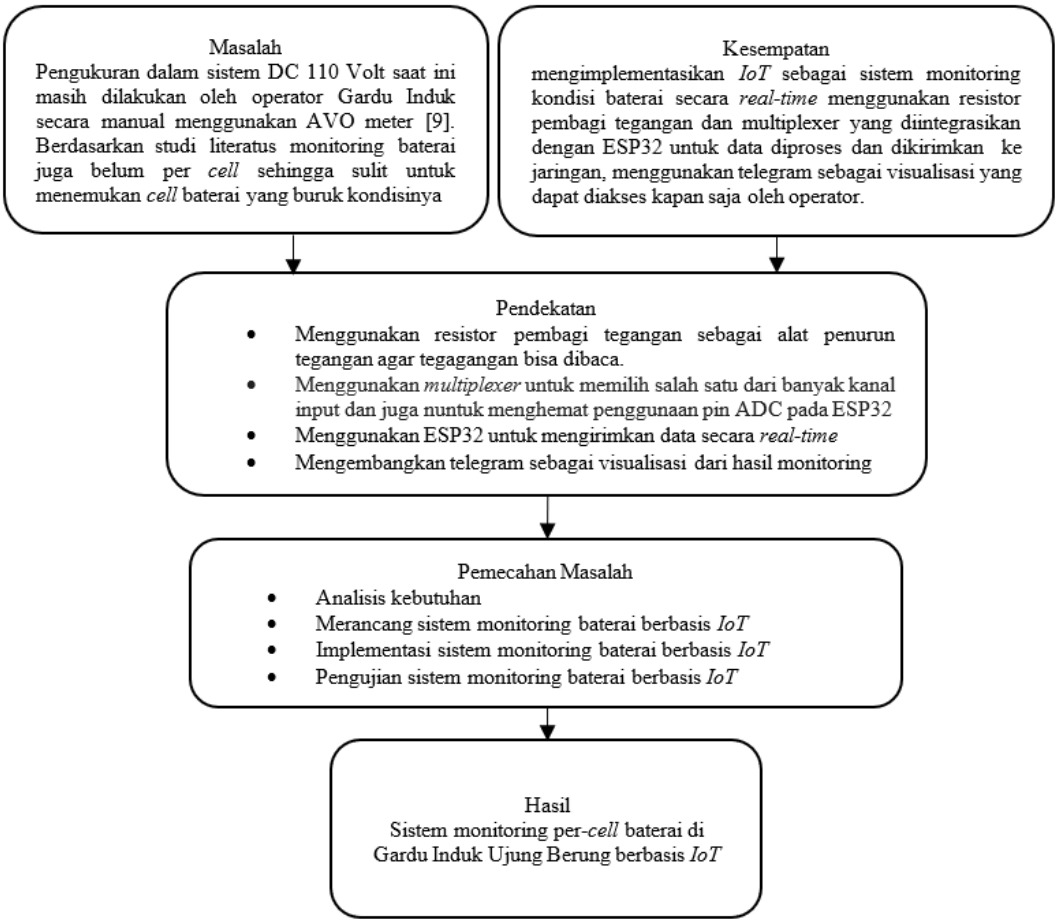
Masalah yang berhubungan dengan fokus penelitian ini sangat luas, oleh karena itu membatasi metode masalah berupa:

1. Tampilan data hasil pengukuran pada Telegram hanya mencakup tegangan, dan kondisi baterai.
2. Implementasi dilakukan dalam bentuk prototipe pada skala laboratorium atau sampel baterai Gardu Induk.
3. Sistem *IoT* hanya mencakup monitoring tegangan dan kondisi sel baterai.
4. Fokus pada kondisi sel baterai jika tegangan < 1.2 Volt sesuai standar PLN.
5. Telegram sebagai media visualisasi dan notifikasi kondisi per *cell* baterai

1.7 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir adalah suatu alur logis yang menggambarkan hubungan antara konsep-konsep atau variabel yang diteliti, berdasarkan teori atau penelitian terdahulu. Kerangka ini membantu peneliti merumuskan hipotesis atau asumsi dasar yang ingin diuji, serta menunjukkan bagaimana penelitian dilakukan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan. Dengan adanya kerangka berpikir, peneliti dapat memastikan bahwa penelitian berjalan sistematis dan fokus pada masalah yang telah dirumuskan. Hal ini menjadi landasan dalam melakukan penulisan ilmiah. Oleh karena itu, dalam menguraikan gagasan-gagasan penelitian, dikembangkan suatu kerangka berpikir pada penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1.2.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG



Gambar 1.2 Kerangka berpikir.

1.8 Sistematika Penulisan

Penelitian harus ditulis secara sistematis dan disusun dalam enam bab, yang masing-masing bab mempunyai beberapa sub bab. Bab-bab tersebut adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan menjelaskan menjelaskan menganai permasalahan berupa latar belakang, penelitian terdahulu, rumusan masalah, tujuan, manfaat akademis dan praktis, batasan masalah, kerangka berpikir dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Teori dasar menjelaskan tentang hal-hal pokok sebelum melakukan penelitian, karena perlunya penguasaan teori yang menyangkut sistem monitoring per-*cell* baterai di Gardu Induk Ujung Berung berbasis *IoT* dan visualisasi

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

menggunakan telegram.

BAB III METEDOLOGI

Metode penelitian yang digunakan pada sistem monitoring per-*cell* baterai di Gardu Induk berbasis *IoT* diantaranya studi literatur, identifikasi masalah, identifikasi kebutuhan, perancangan sistem dan analisis sistem.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Perancangan dan implementasi mencakup tahap perancangan sistem, mulai dari persiapan alat dan bahan, perakitan dan implementasi sistem monitoring per-*cell* baterai berbasis IoT.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis yaitu mencakup pengujian komponen dan fungsi sistem monitoring per-*cell* baterai berbasis IoT, sehingga dapat mengetahui kinerja dari sistem yang telah dibuat.

BAB VI PENUTUP

Penutup membahas mengenai kesimpulan dan saran dari penelitian tugas akhir ini.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG