

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gardu Induk merupakan salah satu elemen penting dalam sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik yang memiliki fungsi utama sebagai pengatur aliran daya dari pembangkit menuju konsumen [1]. Di dalam gardu induk terdapat berbagai sistem pendukung, salah satunya adalah sistem catu daya DC 110 Volt yang berfungsi untuk menyuplai energi pada perangkat pengendali seperti *Master Terminal Unit* (MTU), sistem proteksi, komunikasi, dan pemutus sirkuit [2]. Sistem ini biasanya terdiri atas dua sumber, yaitu *rectifier* sebagai suplai utama dan baterai sebagai cadangan apabila terjadi gangguan atau pemadaman total (*blackout*). Kestabilan dan kontinuitas pasokan dari sistem DC 110 Volt sangat penting guna memastikan seluruh peralatan yang bergantung pada catu daya ini dapat berfungsi dengan optimal [3].

Namun, berdasarkan observasi di lapangan, khususnya pada Gardu Induk Ujung Berung, pengawasan terhadap sistem DC 110 Volt masih dilakukan secara manual oleh operator menggunakan alat ukur seperti AVO meter dan clamp meter. Pemantauan manual tersebut tentu memiliki berbagai keterbatasan, di antaranya adalah ketergantungan terhadap kehadiran petugas di lokasi, waktu respons yang lambat apabila terjadi anomali, serta tidak adanya sistem yang mampu mencatat data secara kontinu. Kondisi ini menjadi hambatan serius dalam menjaga keandalan sistem tenaga listrik, terutama jika gangguan terjadi di luar jam pengawasan atau saat petugas tidak berada di lokasi.

Permasalahan ini membuka kesempatan untuk mengembangkan sebuah sistem monitoring yang mampu melakukan pengukuran secara otomatis, akurat, dan dapat diakses dari jarak jauh. Seiring dengan perkembangan teknologi informasi, pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) menjadi salah satu solusi yang relevan. Teknologi IoT memungkinkan integrasi antara perangkat keras dengan jaringan internet untuk melakukan akuisisi data dan pengiriman informasi secara langsung, tanpa keterlibatan manusia secara langsung [4]. Penerapan teknologi ini

dalam sistem monitoring di gardu induk diharapkan mampu meningkatkan efisiensi operasional, kecepatan deteksi gangguan, serta keandalan sistem secara keseluruhan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah sistem monitoring arus dan tegangan DC berbasis *Internet of Things* pada Gardu Induk Ujung Berung. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP8266 yang dilengkapi dengan sensor INA226 untuk melakukan pengukuran arus dan tegangan secara presisi. Hasil pengukuran ditampilkan melalui layar TFT ST7735S serta dikirim ke platform Firebase dan Google Cloud agar dapat diakses melalui perangkat *smartphone*. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan fitur pengiriman notifikasi otomatis melalui aplikasi Telegram apabila terdeteksi adanya gangguan atau nilai parameter berada di luar batas normal [5].

Alat ini dirancang untuk mengatasi berbagai kekurangan yang terdapat pada metode pemantauan manual. Beberapa kelebihan dari sistem yang dikembangkan antara lain adalah kemampuan monitoring selama 24 jam, kemudahan akses data dari jarak jauh, akurasi tinggi pada proses pengukuran, dan kemampuan sistem untuk memberikan peringatan dini secara otomatis. Dengan adanya sistem ini, proses pengawasan terhadap sistem DC pada Gardu Induk Ujung Berung menjadi lebih efisien, responsif, dan adaptif terhadap perkembangan teknologi digital. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan keandalan operasional gardu induk serta mendukung transformasi digital dalam bidang ketenagalistrikan.

Dengan penerapan sistem berbasis *Internet of Things* ini, pengguna dapat memantau kondisi *rectifier* kapan saja dan di mana saja. Pemanfaatan teknologi cloud seperti Firebase dan Google Cloud juga memastikan bahwa data hasil pemantauan tersimpan dengan aman, tersusun rapi, dan mudah diakses oleh petugas. Hal ini sangat membantu dalam mempercepat deteksi apabila terjadi gangguan atau anomali pada sistem. Data hasil pengukuran tegangan dan arus yang diambil oleh sensor kemudian ditampilkan dalam aplikasi *smartphone*, serta dilengkapi dengan fitur notifikasi otomatis melalui aplikasi Telegram apabila nilai

arus terdeteksi berada di bawah batas yang telah ditentukan. Oleh karena itu, untuk mendukung efisiensi dan efektivitas pemantauan peralatan di Gardu Induk Ujung Berung, diperlukan sebuah sistem monitoring arus dan tegangan DC *rectifier* berbasis *Internet of Things*. Sistem ini tidak hanya mempermudah proses monitoring, tetapi juga memberikan respons yang cepat terhadap setiap perubahan kondisi pada sistem DC, sehingga dapat meningkatkan keandalan operasional gardu induk secara menyeluruh.

1.2 Penelitian Terkait

Pada penelitian ini, penulisan terkait berisi uraian singkat dan perbandingan terhadap riset yang telah dilakukan sebelumnya, dan menjadi acuan literasi dalam pembuatan tugas akhir ini. Referensi jurnal penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Referensi Jurnal Penelitian

Peneliti	Tahun	Judul
Hendrawaty, dkk	2024	<i>Design and Build Voltage and Current Monitoring Parameters Device of Rechargeable Batteries in Real-time Using the INA219 GY-219 Sensor.</i>
Rizal Pratama, dkk	2023	Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler pada Studi Kasus Prototype Gardu Distribusi PLN.
Reno Muhammad Fadilla, dkk	2023	<i>Supervisory System for On-Grid Solar Power Plant.</i>
Made Ade Surya, dkk	2021	Analisis Arus, Tegangan, Daya, Energi, Dan Biaya Pada Sensor PZEM-004T Berbasis NODEMCU ESP8266.

Peneliti	Tahun	Judul
Bayu Jiah Setiawan, dkk	2021	Penerapan Teknologi Internet Of Things Sebagai Media Monitoring dan Pengontrolan Perangkat Listrik.
Santun Antonius Panjaitan, dkk	2021	Rancang Bangun Alat Sistem Kendali dan Monitoring Arus dan Tegangan Penggunaan Pembatas Arus Listrik Berbasis IoT.

Penelitian serupa mengenai sistem monitoring dengan berbagai metode sudah dilakukan berbagai lembaga dengan cara, tujuan, dan pencapaiannya masing-masing. Penelitian yang berhubungan dengan kebutuhan riset penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Penelitian [6] meneliti pengembangan sistem monitoring untuk memantau Gardu Induk Kebonagung dengan memanfaatkan sensor INA219 dan GY-219 sebagai alat ukur arus dan tegangan listrik. Sensor ini dipilih karena mampu memberikan hasil pengukuran yang cukup akurat dan efisien dalam membaca parameter kelistrikan pada sistem tegangan searah (DC). Data hasil pengukuran kemudian diolah dan dikirim oleh mikrokontroler ESP8266 yang telah terkoneksi ke jaringan internet. Dengan dukungan modul tambahan seperti modul WiFi dan antarmuka pengguna berbasis aplikasi, sistem ini memungkinkan proses pemantauan dilakukan secara *real-time* dari jarak jauh. Hal ini memudahkan petugas dalam mengawasi kondisi gardu induk tanpa harus berada di lokasi secara fisik. Selain itu, sistem ini juga dirancang untuk meningkatkan kecepatan dalam mendeteksi gangguan atau perubahan abnormal pada sistem, sehingga tindakan perbaikan dapat segera dilakukan. Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi sensor, mikrokontroler, dan teknologi IoT dapat menjadi solusi efektif dalam meningkatkan efisiensi dan keandalan pemantauan gardu induk.

Penelitian [7] membahas perancangan sistem monitoring arus dan tegangan berbasis mikrokontroler yang diterapkan pada gardu distribusi PLN. Sistem ini

dirancang untuk mendeteksi gejala jaringan listrik yang terputus melalui pemantauan nilai arus secara *real-time*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengujian pembacaan arus menggunakan perangkat seperti Arduino Mega, NodeMCU ESP8266, dan sensor arus ACS712. Selain itu, dilakukan juga pengujian delay notifikasi guna mengamati kecepatan sistem dalam mengirimkan peringatan saat terjadi gangguan.

Pada penelitian [8] merancang prototipe sistem monitoring untuk memonitor arus dan tegangan *solar power plant* menggunakan sensor PZEM-004T sebagai alat untuk mengukur arus listrik pada sistem yang dirancang. Data hasil pengukuran tersebut kemudian diproses dan dikirim menggunakan mikrokontroler ESP8266, yang terhubung dengan internet. Mikrokontroler ini juga didukung oleh beberapa modul tambahan guna memastikan proses transmisi data berjalan dengan baik. Selanjutnya, data yang telah dikirimkan ditampilkan dalam sebuah aplikasi pemantauan, sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem secara *real-time* dari jarak jauh. Pendekatan ini menunjukkan bagaimana teknologi *Internet of Things* (IoT) dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi dan kemudahan dalam sistem monitoring kelistrikan.

Penelitian [9] ini membahas penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) sebagai solusi untuk monitoring dan pengontrolan perangkat listrik di lingkungan kampus, khususnya di Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer (TIK), Politeknik Negeri Semarang. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik serta memberikan pemahaman praktis kepada mahasiswa dan tenaga pengajar mengenai pemanfaatan teknologi IoT dalam kehidupan sehari-hari. Pendekatan yang digunakan bersifat aplikatif, yaitu melalui kegiatan pelatihan dan demonstrasi langsung penggunaan perangkat keras dan sistem pemantauan berbasis IoT. Sistem yang dirancang mampu memantau dan mengontrol peralatan listrik dari jarak jauh secara *real-time* melalui jaringan internet. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi IoT dalam lingkungan pendidikan tidak hanya bermanfaat dalam aspek teknis, tetapi juga mampu meningkatkan literasi teknologi dan kesadaran energi bagi seluruh sivitas akademika.

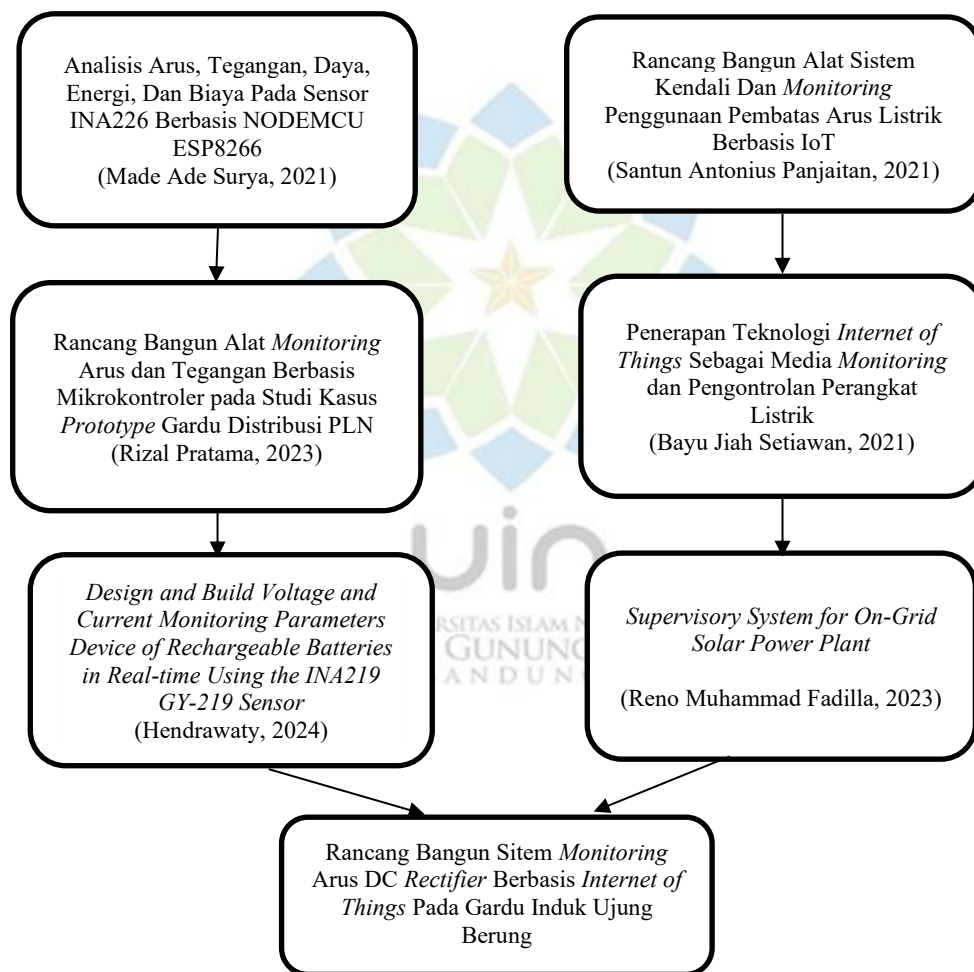
Penelitian [10] membahas pengembangan sistem monitoring energi listrik di lingkungan rumah tangga. Sistem ini dirancang untuk mengukur dan memantau data arus, tegangan, daya, energi, serta memperkirakan biaya penggunaan listrik secara keseluruhan. Sensor yang digunakan adalah ACS712, yang berfungsi untuk membaca arus listrik yang digunakan. Data hasil pengukuran kemudian dikirimkan melalui mikrokontroler ESP8266 ke aplikasi Blynk sebagai antarmuka pemantauan berbasis smartphone. Sistem ini hanya difokuskan pada pemantauan konsumsi daya listrik tanpa fitur pengendalian perangkat. Penelitian ini juga mengkaji tingkat akurasi sensor dengan menghitung persentase kesalahan pembacaan daya dibandingkan dengan nilai referensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini dapat memberikan informasi penggunaan listrik secara *real-time* dan membantu pengguna dalam mengelola konsumsi energi rumah tangga secara lebih efisien.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, terdapat beberapa penelitian menggunakan sensor ACS712 dan INA219 GY-219 dalam mengukur nilai arus dan tegangan dimana sensor tersebut masih kurang akurat dalam membaca nilai arus dan tegangan. Terdapat juga beberapa penelitian yang sudah menggunakan sensor PZEM-004T sebagai sensor untuk membaca nilai dari arus dan tegangan dengan nilai akurasi yang cukup akurat. Namun penelitian-penelitian tersebut masih menggunakan aplikasi *Blynk* yang merupakan aplikasi umum untuk membuat proyek IoT yang hanya dibatasi pemakaiannya.

Pada penelitian menggunakan sensor INA226 untuk sistem monitoring arus dan tegangan DC *rectifier* pada Gardu Induk Ujung Berung dengan menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai pengolah data besaran arus dan tegangan yang nantinya akan dikirimkan ke platform. Tingkat keakuratan pembacaan sensor pada penelitian ini mampu mengukur nilai arus dan tegangan DC dengan hanya menggunakan satu sensor. Untuk memantau nilai tersebut, penelitian ini akan memanfaatkan platform Firebase dan Google Cloud sebagai *database* sementara untuk menyimpan data sensor. Selain itu, platform yang akan digunakan untuk membaca, menampilkan dan mengirimkan notifikasi nilai sensor dari *database* tersebut adalah Telegram. Platform yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang untuk menampilkan nilai arus dan tegangan DC pada Gardu Induk Ujung

Berung. Platform ini berfungsi sebagai solusi digital yang inovatif karena mampu meningkatkan efisiensi dalam proses pemantauan kondisi sistem dengan jarak jauh. Dengan adanya platform ini, petugas gardu dapat mengakses informasi kelistrikan secara cepat dan akurat, sehingga mempercepat proses deteksi gangguan dan pengambilan keputusan dalam pengelolaan sistem tenaga listrik.

Penelitian terkait ini menggunakan rujukan enam jurnal yang berhubungan dengan penelitian. Penelitian-penelitian tersebut menginspirasi ide-ide yang muncul sesuai dengan permasalahan yang ada dan terwujudnya judul ini. Hubungan



Gambar 1.1 Hubungan Penelitian Terkait penelitian terkait diperlihatkan pada Gambar 1.1.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan, ada beberapa masalah yang perlu dirumuskan:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring arus dan tegangan DC *rectifier* berbasis *Internet of Things* di gardu induk?
2. Bagaimana kinerja dari sistem monitoring dalam pemantauan arus dan tegangan DC *rectifier* pada gardu induk?

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring arus dan tegangan DC *rectifier* di gardu induk menggunakan perangkat berbasis *Internet of Things*.
2. Menganalisis kinerja sistem monitoring dalam pemantauan arus dan tegangan DC *rectifier* pada gardu induk.

1.5 Manfaat

Pada penelitian ini terdapat dua manfaat yang ingin di capai yaitu:

1. Manfaat Akademis

Penelitian ini dapat memberikan kontribusi pada pengembangan teori, peneliti, dan mahasiswa dimana dapat menambah pengetahuan dalam bidang *Internet of Things*, khususnya dalam rancang bangun sistem monitoring *rectifier* dan baterai untuk gardu induk. Penelitian ini memperkaya literatur ilmiah serta mendorong eksplorasi lebih lanjut mengenai kombinasi IoT dan pengukuran dari arus dan tegangan DC pada Gardu Induk Ujung Berung.

2. Manfaat Praktis

Memberikan solusi yang lebih akurat dan efisien untuk memantau atau memonitoring arus dan tegangan DC pada *rectifier* pada gardu induk yang dapat memudahkan dan bisa dilihat langsung menggunakan aplikasi dari *smarthphone* dengan jarak jauh. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembang kebijakan yang lebih efektif.

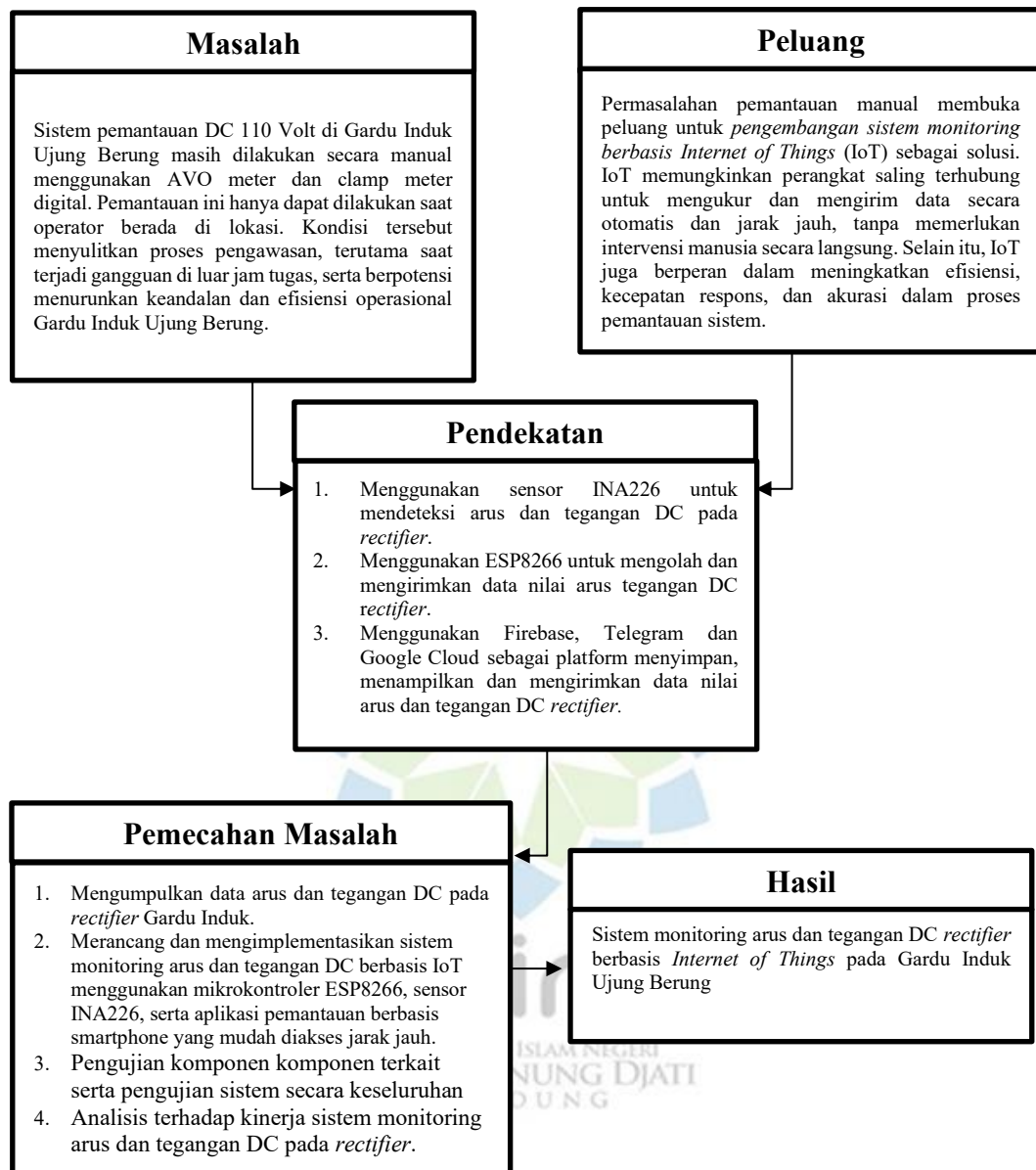
1.6 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini diharapkan mempunyai fokus penelitian yang jelas, sehingga perlu adanya batasan masalah untuk menghindari meluasnya topik. Batasan-batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Monitoring arus dan tegangan DC *rectifier* pada gardu induk Ujung Berung.
2. *Rectifier* yang digunakan adalah rectifier gardu induk sebanyak 4 buah.
3. Dataset yang digunakan untuk monitoring dari firebase akan terbatas pada data arus dan tegangan DC yang diperoleh dari pengujian langsung.
4. Implementasi dari monitoring akan dilakukan pada mikrokontroler dan platform aplikasi.
5. Penelitian ini hanya fokus pada pemantauan arus dan tegangan DC, tidak mencakup proses pergantian atau penggunaan *rectifier* dalam aplikasi tertentu.

1.7 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir adalah suatu alur logis yang menggambarkan hubungan antara konsep-konsep atau variabel yang akan diteliti, berdasarkan teori atau penelitian terdahulu. Kerangka ini membantu peneliti merumuskan hipotesis atau asumsi dasar yang ingin diuji, serta menunjukkan bagaimana penelitian akan dilakukan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan. Dengan adanya kerangka berpikir, peneliti memiliki pedoman dalam menentukan langkah-langkah strategis untuk menjawab permasalahan yang telah dirumuskan. Oleh karena itu, dalam menguraikan gagasan-gagasan penelitian, dikembangkan suatu kerangka berpikir tugas akhir ditunjukkan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.3 Kerangka Berfikir

1.8 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari enam bab dengan masing-masing isi sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini mencakup latar belakang, penelitian terdahulu, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, kerangka berpikir, dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Bab ini menjelaskan konsep dasar yang diperlukan sebelum melakukan penelitian. Penjelasan ini mencakup teori-teori yang relevan dan mendukung penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan diagram alir atau langkah-langkah yang dilaksanakan dalam penelitian.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan tentang rencana penelitian yaitu dengan merancang sistem monitoring yang dilengkapi sensor untuk dapat memantau melalui *smartphone* melalui aplikasi Firebase, Telegram dan Google Cloud serta dilakukannya pengujian pada system monitoring untuk melihat apakah sudah bekerja dengan baik.

BAB V HASIL DAN ANALISIS

Bab ini berisi tentang hasil-hasil pengujian pada sistem yang telah dirancang. Pengujian sistem ini meliputi pengujian pada sensor yang digunakan dan seberapa baik hasil pengukurannya. Kemudian, melakukan pengujian terhadap pengolah data pada mikrokontroler dan performa pada platform dalam merespon perintah dari pengguna pada aplikasi.

BAB VI PENUTUP

Bab ini menjelaskan bagian penutup dari penelitian. Bagian penutup tersebut terdiri dari kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, serta saran untuk penelitian-penelitian selanjutnya.