

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam beberapa tahun terakhir telah mendorong terciptanya berbagai perangkat pintar yang terhubung ke jaringan internet untuk melakukan *monitoring*, kontrol, dan otomasi jarak jauh. Perangkat-perangkat IoT seperti *smart home controller*, *gateway*, *sensor node*, dan sistem *embedded* lainnya memerlukan sumber daya listrik yang stabil dan kontinu untuk dapat beroperasi secara optimal. Gangguan atau pemadaman listrik dapat menyebabkan perangkat IoT kehilangan koneksi, data tidak tersimpan, atau bahkan kerusakan sistem akibat *shutdown* yang tidak semestinya (Oktopryadin & Purnama, 2025).

Berdasarkan Laporan Statistik Ketenagalistrikan PT PLN (Persero) Tahun 2025, konsumsi energi listrik di Indonesia mencapai 317.692 *Gigawatt Hour* dengan kapasitas pembangkitan sebesar 49.273 *Megawatt* dan terus mengalami pertumbuhan setiap tahunnya. Meningkatnya ketergantungan terhadap energi listrik menunjukkan bahwa ketersediaan suplai daya yang stabil menjadi kebutuhan penting, terutama pada perangkat yang bekerja secara terus-menerus seperti perangkat *Internet of Things* (IoT). Namun, gangguan suplai listrik seperti pemadaman mendadak, penurunan tegangan, dan ketidakstabilan daya masih dapat terjadi sehingga berpotensi mengganggu proses kerja perangkat elektronik (PT PLN Persero, 2025).

Apabila perangkat IoT tidak menggunakan *Uninterruptible Power Supply* (UPS), perangkat berisiko mati secara tiba-tiba ketika terjadi gangguan listrik. Kondisi tersebut dapat menyebabkan hilangnya data *monitoring*, terputusnya koneksi jaringan, kegagalan pengiriman data ke *Dashboard Web*, kerusakan file sistem, hingga penurunan umur komponen akibat proses *shutdown* yang tidak sesuai. Pada sistem IoT yang ditempatkan di lokasi sulit dijangkau, tidak adanya UPS juga dapat menyulitkan pengguna dalam memastikan perangkat tetap aktif dan berfungsi saat sumber listrik utama mengalami gangguan.

Uninterruptible Power Supply (UPS) merupakan solusi yang umum digunakan untuk menjamin kontinuitas daya pada perangkat elektronik. Namun,

UPS konvensional yang beredar di pasaran umumnya dirancang untuk aplikasi AC *voltage* dengan kapasitas besar dan hanya berfungsi sebagai *daya cadangan* tanpa kemampuan *monitoring* atau pelaporan status secara *real-time*. Pengguna tidak dapat mengetahui kondisi baterai, status *charging*, atau estimasi persentase baterai yang tersisa tanpa melihat indikator fisik pada perangkat UPS secara langsung. Keterbatasan ini menjadi masalah terutama untuk aplikasi IoT yang sering kali ditempatkan di lokasi yang tidak mudah diakses atau membutuhkan *monitoring* jarak jauh (Alqinsi, Ismail, Edward, & Darmalaksana, 2018).

Selain itu, UPS konvensional umumnya tidak dilengkapi dengan sistem proteksi otomatis terhadap *over-discharge* baterai. Kondisi *over-discharge* terjadi ketika baterai terus *discharge* hingga tegangan turun di bawah batas minimum yang direkomendasikan, yang dapat menyebabkan kerusakan permanen pada sel baterai lithium dan mengurangi *umur pakai* baterai secara signifikan (Juarez-Robles, Vyas, Fear, Jeevarajan, & Mukherjee, 2020). Untuk perangkat IoT yang menggunakan baterai lithium (Li-ion atau LiFePO₄), proteksi terhadap *over-discharge* sangat penting untuk menjaga kesehatan baterai dan mencegah biaya penggantian yang tinggi.

Solusi yang dapat diterapkan adalah merancang dan membangun perangkat UPS DC yang dirancang khusus untuk aplikasi IoT dengan kemampuan *monitoring* dan kontrol berbasis jaringan nirkabel. Dengan memanfaatkan *mikrokontroler* ESP-12F yang memiliki Wi-Fi terintegrasi dan konsumsi daya rendah, perangkat UPS dapat mengirimkan data telemetri seperti tegangan *input*, tegangan baterai, daya *charging*, dan status operasional ke *Dashboard Web* secara periodik melalui protokol HTTP atau MQTT. Data telemetri tersebut dapat ditampilkan pada *Dashboard Web* untuk memudahkan pengguna dalam memantau kondisi UPS dari jarak jauh menggunakan *smartphone* atau komputer.

Sistem UPS DC berbasis IoT ini dilengkapi dengan sensor tegangan dan sensor daya untuk *monitoring* kondisi *input line* dan baterai secara *real-time*. ESP-12F membaca data dari sensor-sensor tersebut kemudian menjalankan logika kontrol untuk menentukan status operasi (Normal, *Backup*, atau *Charging*) dan melakukan *automatic power switching* antara *input line* dan baterai menggunakan

P-Channel MOSFET. Penggunaan MOSFET sebagai saklar elektronik memungkinkan transisi daya yang *seamless* dan cepat tanpa *delay* mekanik seperti pada *relay* konvensional.

Untuk mendukung berbagai konfigurasi baterai lithium, sistem ini menggunakan modul *battery charger* XL4015 yang dapat dikonfigurasi untuk *charging* baterai 3S hingga 6S dengan metode *constant current/constant voltage* (CC/CV). Regulator tegangan *buck converter* MP2359DJ digunakan untuk menghasilkan *output* 5 V stabil dengan kapasitas 1,2 A, sedangkan LDO regulator ME6211C33M5G digunakan khusus untuk menyuplai tegangan 3,3 V ke ESP-12F dengan *ripple* rendah untuk menjaga stabilitas koneksi Wi-Fi (Perera & Maduranga, 2020).

Proteksi otomatis terhadap *over-discharge* baterai diimplementasikan melalui kontrol MOSFET yang dikendalikan oleh ESP-12F. Ketika ESP-12F mendeteksi tegangan baterai mencapai *threshold* minimum yang telah ditentukan, sistem akan secara otomatis memutus aliran daya dari baterai untuk mencegah *discharge* lebih lanjut. Mekanisme ini bekerja secara mandiri tanpa memerlukan koneksi internet, sehingga proteksi tetap aktif meskipun Wi-Fi terputus.

Dengan perancangan dan implementasi sistem UPS DC berbasis IoT ini, diharapkan dapat tercipta solusi manajemen daya yang lebih cerdas, aman, dan sesuai dengan kebutuhan perangkat IoT *modern* yang memerlukan kontinuitas daya, *monitoring* jarak jauh, serta proteksi baterai yang optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, inti permasalahan yang diselesaikan pada tugas akhir ini adalah kebutuhan sumber daya DC cadangan yang tetap menjaga perangkat IoT menyala ketika sumber listrik utama terganggu, sekaligus menyediakan informasi kondisi daya yang dapat dipantau dari jarak jauh. Berbeda dengan UPS konvensional yang umumnya berfokus pada daya cadangan AC dan indikator lokal, alat ini dirancang sebagai UPS DC berbasis IoT yang memiliki *monitoring* telemetri, kontrol *output* melalui *Dashboard Web*, serta proteksi baterai dari kondisi *over-discharge*. Berdasarkan permasalahan tersebut, rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana merancang sistem UPS DC yang mampu melakukan *automatic power switching* antara *input line* dan baterai secara *seamless* untuk menjamin kontinuitas daya?
- b. Bagaimana mengimplementasikan sistem *monitoring* tegangan *input*, tegangan baterai, dan proteksi daya *charging* menggunakan sensor untuk mendapatkan data telemetri secara *real-time*?
- c. Bagaimana merancang sistem telemetri nirkabel menggunakan ESP-12F untuk mengirimkan data status UPS ke *Dashboard Web* melalui koneksi Wi-Fi?
- d. Bagaimana mengimplementasikan proteksi otomatis terhadap *over-discharge* baterai menggunakan kontrol P-Channel MOSFET yang dikendalikan oleh ESP-12F?

1.3 Tujuan

Secara umum, tujuan utama penelitian ini adalah menghasilkan perangkat UPS DC yang tidak hanya berfungsi sebagai catu daya cadangan, tetapi juga sebagai sistem manajemen daya yang dapat dipantau dan dikendalikan melalui jaringan IoT. Kontribusi utama alat terletak pada integrasi *automatic power switching*, *monitoring* tegangan dan status baterai, kontrol *output* jarak jauh, serta proteksi baterai berbasis ESP-12F. Adapun tujuan khusus dari pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Merancang dan membangun sistem UPS DC yang mampu melakukan *automatic power switching* secara *seamless* antara *input line* dan baterai untuk menjamin kontinuitas daya.
- b. Mengimplementasikan sistem *monitoring* menggunakan sensor tegangan dan sensor daya untuk mendapatkan data telemetri tegangan *input*, tegangan baterai, dan daya *charging* secara *real-time*.
- c. Mengembangkan sistem telemetri nirkabel menggunakan ESP-12F dengan koneksi Wi-Fi untuk mengirimkan data status UPS ke *Dashboard Web* secara periodik.

- d. Mengimplementasikan proteksi otomatis terhadap *over-discharge* baterai melalui kontrol P-Channel MOSFET yang dikendalikan oleh ESP-12F untuk mencegah kerusakan sel baterai.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari perancangan dan implementasi sistem ini antara lain:

- a. Bagi Pengguna: Menyediakan solusi UPS DC pintar dengan kemampuan *monitoring* jarak jauh yang sesuai untuk aplikasi IoT, *smart home controller*, *gateway*, dan sistem *embedded* lainnya.
- b. Bagi Sistem: Meningkatkan reliabilitas dan *umur pakai* baterai melalui proteksi otomatis terhadap *over-discharge* serta sistem *charging* yang dapat dikonfigurasi untuk berbagai jenis baterai lithium.
- c. Bagi Operasional: Memberikan kemudahan dalam memantau kondisi UPS tanpa harus berada di lokasi fisik perangkat melalui *Dashboard Web* yang dapat diakses dari *smartphone* atau komputer.
- d. Bagi Pengembangan Ilmu Pengetahuan: Menambah wawasan dan pengalaman dalam perancangan sistem *manajemen daya* berbasis mikrokontroler ESP-12F, desain rangkaian *switching regulator*, serta implementasi sistem IoT dengan protokol komunikasi nirkabel.
- e. Bagi Penelitian Selanjutnya: Menjadi referensi dan dasar pengembangan sistem UPS IoT dengan fitur telemetri, manajemen daya otomatis, dan kontrol jarak jauh untuk aplikasi yang lebih kompleks di masa mendatang.

1.5 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup pembahasan agar lebih terfokus, maka ditetapkan beberapa batasan sebagai berikut:

- a. Sistem dirancang untuk *output* DC dengan kapasitas maksimal 1,2 A.
- b. *Battery Charger* mendukung konfigurasi baterai Li-ion dan LiFePO₄ dengan rentang 3S hingga 6S.
- c. Komunikasi telemetri menggunakan protokol HTTP/HTTPS atau MQTT melalui koneksi Wi-Fi.
- d. Sistem diuji dalam bentuk prototipe PCB dan belum diterapkan pada casing komersial.