

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Sistem distribusi tenaga listrik memiliki peran sangat penting dalam menyalurkan daya dari gardu induk ke konsumen akhir. Berbeda dengan saluran transmisi, sistem distribusi beroperasi pada tegangan menengah (20 kV), menjadikannya lebih rentan terhadap penurunan tegangan dan umumnya menggunakan jaringan *radial*. Keunikan lain dari sistem ini adalah koneksinya yang langsung dengan beban, sehingga ketidakseimbangan beban dapat berdampak besar pada sistem secara keseluruhan [1].

Sistem distribusi tenaga listrik mengalirkan daya dari gardu hubung (GH) hingga ke pelanggan, dan secara garis besar terbagi menjadi dua bagian yaitu distribusi primer dan distribusi sekunder. Distribusi primer merupakan jaringan tegangan menengah (JTM) sebesar 20 kV yang dimulai dari sisi sekunder trafo daya di gardu induk (GI) hingga sisi primer trafo distribusi di gardu hubung. Sementara itu, distribusi sekunder bertanggung jawab menyalurkan listrik dari gardu hubung langsung ke konsumen akhir [1].

Seiring dengan meningkatnya permintaan daya dari konsumen, pembagian beban yang tidak merata menjadi masalah umum. Hal ini sering disebabkan oleh banyaknya peralatan satu fasa yang beroperasi secara tidak seimbang. Ketidakseimbangan beban ini tidak hanya menyebabkan rugi-rugi daya yang signifikan, tetapi juga menimbulkan arus netral yang tidak diinginkan [2].

Meski pembebanan berlebih bisa diatasi cepat oleh alat proteksi, ketidakseimbangan beban justru sulit dideteksi. Saat beban listrik pada setiap fasa tidak sama, arus yang mengalir pun menjadi tidak seimbang. Hal ini meningkatkan rugi-rugi tembaga (berbentuk panas) dan mengalirkan arus ke konduktor netral. Jika terus-menerus terjadi, panas berlebih ini dapat menurunkan kinerja isolasi, memicu hubung-singkat, dan akhirnya menyebabkan kegagalan transformator [3].

Transformator distribusi adalah komponen penting dalam menyalurkan listrik, mengubah tegangan menengah ke tegangan rendah sebelum mencapai konsumen. Jumlah transformator ini sangat banyak dan tersebar luas, jauh dari pusat kontrol. Kerusakan pada transformator dapat mengganggu pasokan listrik, dengan ketidakseimbangan beban dan pembebanan berlebih menjadi penyebab utama [3].

Sangatlah penting untuk menyeimbangkan beban pada setiap fasa dengan memperhitungkan nilai beban dan panjang saluran. Dengan mengoptimalkan kombinasi keseimbangan beban, sistem kelistrikan dapat menjadi lebih efisien. Proses ini membantu meminimalkan rugi-rugi tegangan akibat beban tidak seimbang, terutama jika transformator terpasang terlalu jauh dari beban, yang dapat menurunkan kualitas pasokan listrik [2].

Beberapa penelitian telah dilakukan terkait upaya mendeteksi ketidakseimbangan beban, salah satunya oleh Nojeng dkk. (2023) yang mengembangkan sistem deteksi dini ketidakseimbangan beban tiga fasa berbasis Arduino pada panel hubung tegangan rendah [3]. Penelitian tersebut

menjadi salah satu referensi penting dalam pengembangan alat pemantauan beban. Namun demikian, fokus sistem tersebut masih terbatas pada pemantauan saja tanpa bisa digunakan untuk melakukan pemerataan beban.

Sebagai solusi terhadap permasalahan tersebut, dirancanglah sebuah alat pemerataan beban trafo distribusi berbasis mikrokontroler ESP 32 yang memiliki kemampuan untuk memantau besar arus pada masing-masing fasa, , serta memberikan notifikasi atau rekomendasi redistribusi beban. Diharapkan dari pengembangan alat ini adalah untuk meningkatkan efisiensi distribusi tenaga listrik, mengurangi kerugian daya akibat ketidakseimbangan beban, serta membantu pengambilan keputusan teknis secara cepat dan akurat berdasarkan data *real-time*, serta turut menjaga citra dan nama baik PLN di mata masyarakat.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang seperti di atas maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang alat pemerataan beban trafo distribusi berbasis mikrokontroler ESP32?
2. Bagaimana sistem dapat melakukan pengalihan beban secara otomatis berdasarkan kondisi ketidakseimbangan arus antar fasa?
3. Bagaimana konfigurasi komponen pendukung seperti sensor arus dan tegangan, serta sistem pengalihan beban dapat diintegrasikan secara efisien dalam satu perangkat?
4. Bagaimana perangkat ini dapat berfungsi untuk mendukung peningkatan

efisiensi distribusi tenaga listrik dan menurunkan risiko kerusakan transformator?

5. Bagaimana sistem ini dapat membantu mengurangi potensi keluhan pelanggan dan menjaga citra PLN?

### **1.3 Batasan Masalah**

Dalam rumusan masalah yang telah ditentukan maka permasalahan ini akan dibatasi seperti yang ditunjukkan di bawah ini :

1. Alat hanya mendeteksi arus dan tegangan pada setiap fasa menggunakan sensor PZEM-004T dan ZMPT101B.
2. Sistem dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pemrosesan logika dan kontrol beban.
3. Pengalihan beban antar fasa dilakukan secara otomatis menggunakan komponen Solid State Relay (SSR).
4. Sistem menggunakan tampilan lokal melalui LCD 20x4 sebagai indikator.
5. Sumber daya cadangan menggunakan baterai Li-ion 18650 dengan modul UPS J5019 untuk mempertahankan operasi saat terjadi pemadaman.

### **1.4 Tujuan**

Adapun tujuan yang kemukakan dalam penulisan laporan ini adalah :

1. Merancang dan merealisasikan alat pemerataan beban trafo distribusi berbasis mikrokontroler ESP32.
2. Mengembangkan sistem yang mampu melakukan pengalihan beban secara otomatis berdasarkan nilai arus antar fasa.
3. Meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem distribusi listrik dengan

meminimalkan ketidakseimbangan beban.

4. Mencegah terjadinya kerusakan transformator akibat ketidakseimbangan beban jangka panjang.
5. Mendukung kinerja teknis PLN dalam menjaga stabilitas pasokan listrik ke konsumen.

## **1.5 Manfaat**

### **1.5.1 Manfaat Teoritis**

- a. Menambah pengetahuan dan wawasan di bidang teknik elektro mengenai implementasi mikrokontroler untuk pengaturan beban listrik.
- b. Menjadi referensi pengembangan lebih lanjut terkait desain perangkat otomatisasi dalam sistem distribusi tenaga listrik.

### **1.5.2 Manfaat Praktis**

- a. Memberikan solusi teknis dalam proses pemerataan beban antar fasa trafo distribusi.
- b. Membantu teknisi lapangan dalam mengurangi ketidakseimbangan beban tanpa harus melakukan penyesuaian manual berulang.
- c. Meningkatkan umur pemakaian trafo distribusi dengan menghindari overloading pada salah satu fasa.
- d. Meningkatkan kepuasan pelanggan dengan mengurangi gangguan layanan akibat ketidakseimbangan beban.
- e. Menunjang upaya PLN dalam menjaga kualitas layanan dan membangun kepercayaan masyarakat.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, ada pembatasan masalah yang akan diuraikan nanti, disini masalah yang akan dibahas meliputi.

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

### **BAB II : LANDASAN TEORI**

Membahas teori-teori dasar yang berkaitan dengan trafo distribusi, sensor arus, mikrokontroler, serta komunikasi data dengan LoRA

### **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam bab ini menjelaskan metode perancangan alat, pengambilan data, serta tahapan implementasi dan pengujian sistem.

### **BAB IV : PEMBAHASAN**

Dalam bab ini berisikan hasil perancangan, pengujian alat, serta evaluasi kinerja sistem.

### **BAB V : PENUTUP**

Dalam bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.