

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem alat bantu pemerataan beban trafo distribusi berbasis mikrokontroler ESP32, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Akurasi Sensor Arus:

Sensor arus PZEM-004T menunjukkan performa pengukuran yang akurat dengan error relatif rata-rata di bawah 5%. Kalibrasi menggunakan clamp meter menunjukkan bahwa sensor mampu membaca arus pada tiap fasa dengan tingkat kesalahan yang dapat diterima, sehingga layak digunakan dalam proses deteksi ketidakseimbangan beban.

2. Akurasi Sensor Tegangan:

Sensor tegangan ZMPT101B menunjukkan kemampuan pengukuran tegangan dengan error absolut di bawah 2 V dan error relatif maksimum sebesar 2%. Ini membuktikan sensor dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan pengendalian beban berdasarkan kondisi tegangan.

3. Deteksi Ketidakseimbangan Beban:

Sistem mampu menghitung deviasi arus masing-masing fasa terhadap rata-rata dan memicu indikator buzzer apabila deviasi melebihi ambang batas 10%. Fungsi ini terbukti aktif dan responsif dalam beberapa kondisi pengujian beban yang menghasilkan deviasi di atas ambang.

4. Pengendalian Beban Otomatis:

Sistem mampu mengendalikan beban secara otomatis melalui relay berdasarkan pembacaan tegangan input. Relay akan aktif saat tegangan turun di bawah 1 volt dan akan dinonaktifkan kembali secara otomatis setelah 60 detik saat tegangan kembali normal.

5. Komunikasi LoRa yang Andal:

Modul LoRa-02 yang digunakan untuk pertukaran data antar perangkat beroperasi secara efektif hingga jarak 200 meter dalam kondisi bebas hambatan. Performa mulai menurun dalam lingkungan dengan banyak penghalang, namun masih menunjukkan keberhasilan pengiriman data.

6. Kinerja Sistem Secara Keseluruhan:

Seluruh sistem, termasuk akuisisi data, pemrosesan deviasi, pengendalian beban, dan komunikasi antar perangkat, bekerja secara stabil dan sesuai dengan logika yang dirancang. Hal ini menunjukkan bahwa sistem layak diterapkan sebagai solusi pemerataan beban trafo distribusi.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh selama proses perancangan, implementasi, dan pengujian alat, maka beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan Casing dan Panel Proteksi

Sistem sebaiknya dilengkapi dengan casing tahan panas dan kelembaban untuk melindungi komponen elektronik dari gangguan lingkungan.

## 2. Peningkatan Daya Jangkau LoRa

Untuk penggunaan di area industri atau perdesaan dengan banyak penghalang, disarankan menggunakan antena eksternal atau repeater untuk memperluas jangkauan komunikasi LoRa agar transmisi data tetap stabil.

## 3. Pengembangan Kapasitas Daya dan Beban

Jika alat ini akan digunakan untuk trafo dengan kapasitas besar, maka sistem perlu disesuaikan dengan penggunaan sensor arus dan relay yang mendukung rating arus yang lebih tinggi, agar tetap akurat dan aman.

## 4. Integrasi Fitur Logging Data Lokal

Menambahkan penyimpanan lokal menggunakan SD card atau EEPROM akan sangat membantu dalam pencatatan data historis arus dan tegangan, sehingga memudahkan analisis tren beban dari waktu ke waktu tanpa tergantung platform eksternal.

## 5. Sosialisasi dan Pelatihan Teknis

Agar alat ini dapat digunakan secara optimal, teknisi lapangan perlu diberikan pelatihan teknis mengenai prosedur pemerataan beban yang aman serta pemahaman terhadap logika kerja sistem otomatisasi pada perangkat ini.