

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transformator distribusi merupakan salah satu aset strategis milik PT PLN (Persero) yang memiliki peran vital dalam menjaga kestabilan dan kontinuitas penyaluran energi listrik ke pelanggan. Namun, data internal PLN menunjukkan bahwa selama periode tahun 2022–2024 terjadi peningkatan signifikan dalam kasus pencurian aset gardu distribusi seperti trafo, kabel tembaga, grounding, dan panel distribusi. Akibatnya, perusahaan mengalami kerugian hingga Rp 9 miliar dan terjadi lebih dari 7.000 laporan gangguan listrik setiap bulannya di wilayah kerja PLN UP3 Pekanbaru (PLN UP3 Pekanbaru, 2025). Aksi pencurian ini tidak hanya menyebabkan kerugian finansial, tetapi juga berdampak langsung terhadap keandalan pasokan listrik, bahkan menimbulkan risiko keselamatan publik seperti sengatan listrik dan kebakaran.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, PLN telah menginisiasi program kerja strategis pengamanan aset gardu melalui pendekatan teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT). Salah satu usulan dalam program tersebut adalah pengembangan sistem alarm terintegrasi yang mampu memberikan peringatan dini secara *real-time* apabila terjadi aktivitas mencurigakan atau gangguan pada sistem kelistrikan. Pendekatan ini sejalan dengan upaya transformasi digital PLN dalam meningkatkan keandalan dan keamanan operasional jaringan distribusi (Baharudin, et al., 2024).

Selain ancaman pencurian, masalah lain yang sering muncul adalah gangguan pada tegangan tiga fasa, seperti ketidakseimbangan beban, penurunan tegangan, atau putusnya salah satu fasa. Gangguan tersebut dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan listrik pelanggan dan mempercepat kerusakan transformator. Oleh karena itu, penggabungan antara sistem pendeteksi pencurian aset dan pemantauan tegangan tiga fasa berbasis IoT menjadi solusi inovatif. Dalam sistem ini digunakan sensor PIR untuk mendeteksi pergerakan di sekitar trafo, sensor ZMPT101B untuk mengukur tegangan tiap fasa, serta mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama yang mengirimkan data ke *database realtime*

firebase untuk diteruskan ke unit kantor PLN secara *real-time*. Dengan sistem ini, petugas dapat segera mengetahui kondisi gardu dan melakukan respon cepat terhadap ancaman pencurian atau gangguan kelistrikan (Siregar & Ikhsan, 2023).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kinerja deteksi sensor gerakan berdasarkan jarak gerakan?
2. Bagaimana akurasi sensor tegangan pada tegangan tiga fasa dalam mendeteksi adanya tegangan yang terputus pada salah satu atau seluruh fasa?
3. Bagaimana performa pengiriman dan penerimaan data dari unit trafo ke unit kantor melalui jaringan internet dilihat dari waktu tunda (*delay*) secara *real-time*?
4. Bagaimana respon pengguna untuk aplikasi kontrol *buzzer*?
5. Bagaimana kinerja sistem secara keseluruhan baik *hardware* maupun *software*?

1.3 Batasan Masalah

Agar ruang lingkup penelitian tidak terlalu luas, batasan masalah yang diterapkan adalah sebagai berikut:

1. Sistem hanya difokuskan untuk mendeteksi pencurian aset gardu dan gangguan tegangan tiga fase pada trafo distribusi.
2. Sensor gerakan yang digunakan adalah PIR sensor, sedangkan sensor tegangan yang digunakan adalah ZMPT101B.
3. Sistem menggunakan *platform Firebase Realtime Database* sebagai broker komunikasi untuk pengiriman data antar perangkat.
4. Unit di kantor PLN dilengkapi LCD 16x2 untuk menampilkan status lokasi trafo dan kondisi tegangan tiga fasa.
5. Sistem hanya diuji pada skala *prototipe* lapangan dengan jaringan modem sebagai media komunikasi data.
6. Catu daya utama menggunakan adaptor 12 V dan baterai 12 V sebagai *back up* dengan modul *step-down* LM2596 untuk menyesuaikan kebutuhan tegangan pada tiap komponen.

7. Sistem tidak mencakup pemantauan suhu, arus beban, atau lokasi berbasis GPS.
8. Fokus penelitian hanya pada integrasi perangkat keras dan pengujian pengiriman data *real-time* antar dua unit (trafo dan kantor PLN).

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan keandalan pasokan listrik, mempercepat respon petugas, dan mendukung transformasi digital PLN dalam meningkatkan efisiensi serta keamanan jaringan distribusi listrik.

1.4.2 Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi PLN UP3 Pekanbaru, penerapan sistem ini dapat mengurangi kerugian finansial akibat kehilangan aset serta mendukung transformasi digital dan efisiensi operasional.
2. Bagi petugas lapangan, sistem ini dapat mempercepat proses deteksi dan respon terhadap ancaman pencurian maupun gangguan tegangan tiga fasa.
3. Bagi masyarakat, sistem ini mendukung kontinuitas pasokan listrik dan mengurangi risiko padam akibat pencurian atau kerusakan trafo.
4. Bagi akademisi dan peneliti, penelitian ini menjadi rujukan dalam penerapan teknologi IoT untuk keamanan dan *monitoring* sistem kelistrikan.