

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gardu distribusi merupakan salah satu komponen vital dalam sistem tenaga listrik. Secara umum gardu distribusi adalah sebuah bangunan gardu listrik yang berisi transformator distribusi dan peralatan hubung bagi tegangan rendah. Fungsi dari gardu distribusi ialah menurunkan tegangan dari tegangan menengah 20 kV menjadi tegangan rendah 220 Volt sehingga listrik dapat disalurkan sampai ke rumah-rumah pelanggan / masyarakat[1].

Keandalan gardu distribusi berhubungan erat dengan kualitas pelayanan tenaga listrik. Namun, monitoring kondisi gardu saat ini masih menghadapi berbagai kendala, terutama dalam hal kecepatan dan kontinuitas informasi. Pengukuran parameter penting seperti tegangan, arus dan kondisi peralatan umumnya masih dilakukan melalui inspeksi manual dengan menurunkan petugas langsung ke lokasi gardu. Pola seperti ini menyebabkan pembaruan data sering kali hanya dilakukan beberapa bulan sekali. Akibatnya, informasi mengenai kondisi aktual gardu sering terlambat diperoleh, sehingga potensi gangguan tidak segera terdeteksi dan proses pengambilan keputusan menjadi kurang optimal [2][3].

Selain masalah akurasi dan keterlambatan data, banyak gardu distribusi masih belum dilengkapi fasilitas pemutus jarak jauh yang praktis dan ekonomis. Tidak adanya sistem kendali jarak jauh membuat proses penanganan gangguan dan pengaduan masyarakat menjadi kurang responsif. Petugas harus datang langsung ke lokasi setiap kali diperlukan tindakan pemutusan darurat. Kondisi ini menyulitkan penanganan cepat pada situasi berisiko seperti kebakaran, banjir, atau gangguan lainnya [4][5].

Kondisi monitoring yang belum *real time* dan keterbatasan kendali jarak jauh tersebut berdampak pada lamanya penanganan gangguan dan potensi meningkatnya frekuensi pemadaman. Dalam sistem distribusi tenaga listrik, tingkat keandalan pelayanan umumnya diukur menggunakan indikator SAIDI (*System*

Average Interruption Duration Index) dan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) [6]. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem monitoring dan kontrol yang mampu mempercepat deteksi serta penanganan gangguan guna mendukung upaya penurunan nilai SAIDI dan SAIFI pada gardu distribusi.

Teknologi *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) merupakan sistem terpadu yang terdiri atas berbagai komponen yang saling berkomunikasi untuk menjalankan fungsi pengawasan, pengendalian, serta akuisisi data secara berkelanjutan. Dalam konteks sistem tenaga listrik, SCADA mampu menjawab berbagai permasalahan pemantauan di lapangan melalui kemampuan melakukan supervisi jarak jauh, pengumpulan data secara *real time*, pencatatan historis kondisi peralatan, hingga deteksi dini terhadap keadaan abnormal yang dapat mengancam keandalan operasi [7]. Namun, implementasi SCADA skala penuh di gardu distribusi memerlukan biaya besar, perangkat khusus, serta integrasi kompleks dengan sistem eksisting.

Sebagai alternatif, perancangan mini SCADA berbasis mikrokontroler dan *Internet of Things* (IoT) dapat menjadi solusi yang lebih ekonomis dan fleksibel. Mini SCADA dapat diimplementasikan sebagai prototipe untuk memantau parameter gardu secara *real time*, menampilkan data melalui dashboard terpusat, serta memberikan notifikasi dan deteksi dini (*early warning system*) ketika terjadi anomali seperti penurunan tegangan tidak wajar atau indikasi pencurian kabel (misalnya melalui sensor pintu box, pemberitahuan melalui aplikasi *smartphone* ketika tegangan hilang atau penurunan tiba-tiba pada arus tertentu) [8]. Selain untuk pemantauan, mini SCADA dapat dilengkapi fitur telekontrol sehingga operator dapat memutuskan atau mengaktifkan kembali sistem gardu distribusi dari jarak jauh tanpa mengirim petugas ke lokasi. Dengan teknologi ini, proses monitoring menjadi lebih efisien, penanganan gangguan lebih cepat, dan keamanan gardu meningkat.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membangun mini SCADA yang mampu memantau parameter utama gardu distribusi (tegangan, arus, daya, suhu, status panel) secara *real time*?
2. Bagaimana merancang mekanisme notifikasi dan deteksi dini (*early warning system*) untuk mendeteksi kondisi abnormal seperti penurunan tegangan, kenaikan suhu, atau adanya pembukaan panel gardu yang tidak semestinya?
3. Bagaimana evaluasi sistem setelah proses implementasi dilakukan?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun mini SCADA untuk gardu distribusi yang mampu melakukan pemantauan tegangan, arus, daya, suhu, dan status panel secara *real time*.
2. Merancang aplikasi yang mampu memberikan pemberitahuan dan deteksi dini (*early warning system*) untuk mendeteksi kondisi abnormal.
3. Menganalisis dan mengevaluasi sistem setelah proses implementasi.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam perancangan mini SCADA pada gardu distribusi PLN UP3 Ponorogo adalah sebagai berikut :

1. Sistem yang dikembangkan adalah mini SCADA untuk model gardu distribusi, bukan integrasi langsung ke gardu PLN seutuhnya.
2. Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi tegangan, arus, suhu pada panel hubung, kondisi pintu panel, serta fungsi kendali jarak jauh dalam bentuk sederhana.

3. Proses pengiriman data memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) yang disesuaikan dengan kebutuhan prototipe. Adapun jenis modul komunikasi yang digunakan akan ditentukan berdasarkan kebutuhan dan kondisi selama proses pengujian.
4. Pengujian fungsi kendali jarak jauh masih terbatas pada skala prototipe, yaitu dengan menggunakan kontaktor sebagai perangkat pemutus dan penghubung rangkaian.
5. Pembahasan mengenai keamanan siber dan sertifikasi sistem proteksi berstandar industri tidak menjadi fokus utama dalam penelitian ini. Penelitian lebih diarahkan pada penerapan fungsi dasar pemantauan, pendeteksian kondisi, serta kendali jarak jauh secara sederhana.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam perancangan mini SCADA pada gardu distribusi PLN UP3 Ponorogo adalah sebagai berikut :

1. Memantau kondisi gardu distribusi secara *real time*, sehingga informasi mengenai tegangan, arus, suhu, serta kondisi fisik gardu dapat diperoleh dengan lebih cepat dan akurat.
2. Meningkatkan keandalan distribusi tenaga listrik melalui kemampuan deteksi dini terhadap gangguan maupun kondisi yang tidak normal, sehingga proses penanganan dapat dilakukan dengan lebih efektif.
3. Fitur telekontrol yang memungkinkan pengoperasian peralatan distribusi dari jarak jauh sebagai alternatif dalam mempercepat proses penanganan gangguan sekaligus meningkatkan efisiensi operasional.
4. Mengurangi kebutuhan inspeksi gardu distribusi secara manual melalui pemanfaatan sistem pemantauan berbasis IoT, sehingga waktu dan biaya menjadi lebih efisien.