

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketersediaan energi listrik yang andal menjadi salah satu faktor penting dalam mendukung berbagai aktivitas masyarakat maupun sektor industri. Dalam sistem distribusi tenaga listrik, keandalan penyaluran daya dipengaruhi oleh kondisi Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) sebagai salah satu komponen utama distribusi. Permasalahan yang sering ditemukan pada PHB-TR adalah munculnya kenaikan suhu pada titik sambungan atau terminal kabel. Kondisi tersebut tidak selalu disebabkan oleh besarnya arus yang mengalir, tetapi dapat terjadi akibat meningkatnya resistansi kontak karena sambungan baut yang kurang kencang (*loose connection*) atau pemasangan kabel skun yang tidak optimal, sehingga terbentuk celah pada area sambungan yang memicu timbulnya panas berlebih [1].

Pada umumnya, sistem proteksi yang diterapkan pada panel distribusi, seperti MCB dan NH Fuse, berfungsi untuk melindungi instalasi dari gangguan arus lebih maupun hubung singkat. Meskipun demikian, perangkat proteksi tersebut tidak dirancang untuk mendeteksi kenaikan temperatur yang terjadi akibat buruknya kualitas sambungan listrik selama nilai arus masih berada dalam batas kerja yang diizinkan. Akibatnya, titik sambungan yang mengalami peningkatan resistansi dapat berkembang menjadi titik panas yang berpotensi menyebabkan kerusakan isolasi penghantar, gangguan pada komponen panel, bahkan meningkatkan risiko terjadinya kebakaran tanpa adanya tindakan proteksi otomatis.

Pemeliharaan panel distribusi umumnya masih mengandalkan pemeriksaan suhu secara berkala menggunakan alat ukur termal portabel. Metode ini hanya menampilkan kondisi suhu saat inspeksi berlangsung sehingga kenaikan suhu yang terjadi di luar waktu pemeriksaan berpotensi tidak terdeteksi. Selain itu, sebagian besar sistem belum dilengkapi fitur pengaman yang mencegah pengoperasian kembali setelah terjadi gangguan termal sebelum suhu kembali pada kondisi aman, sehingga risiko kerusakan peralatan dan gangguan keselamatan masih dapat terjadi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu sistem yang mampu melakukan pemantauan kondisi suhu terminal kabel PHB-TR secara kontinu, serta memberikan tindakan proteksi ketika terdeteksi *overheat*. Penelitian ini merancang sistem deteksi dini titik panas menggunakan sensor inframerah MLX90614 yang bekerja secara non-kontak, sehingga aman dari risiko tegangan sentuh. Sistem ini diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32 berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan protokol MQTT dengan *broker* HiveMQ untuk pemantauan suhu secara *real-time* melalui *web monitoring*. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan fitur notifikasi melalui aplikasi Telegram serta fitur *safety interlock* yang berfungsi memutus suplai listrik melalui kontaktor serta mencegah proses penyalaan ulang hingga suhu kembali berada pada kondisi aman.

Oleh karena itu, penulis merancang sebuah sistem **“RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI DINI TITIK PANAS DAN PROTEKSI OTOMATIS PADA PHB-TR MENGGUNAKAN SENSOR INFRAMERAH MLX90614 BERBASIS IOT”** sebagai solusi untuk mencegah kerusakan isolasi kabel dan risiko kebakaran pada PHB-TR akibat sambungan longgar melalui mekanisme pemutusan arus otomatis dan sistem *monitoring* jarak jauh berbasis web yang mampu menampilkan kondisi suhu secara *real-time* dan akurat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi dini titik panas (*hotspot*) pada terminal kabel PHB-TR menggunakan sensor inframerah MLX90614 berbasis mikrokontroler ESP32?
2. Bagaimana mengimplementasikan fitur *safety interlock* pada sistem berbasis ESP32 untuk memutus suplai listrik secara otomatis dan mencegah aktivasi kembali sistem setelah terjadi kondisi bahaya hingga suhu kembali normal dan dilakukan reset manual?
3. Bagaimana merancang dan mengintegrasikan sistem *monitoring* suhu berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan protokol MQTT dengan *broker* HiveMQ

untuk menampilkan data suhu fasa R, S, dan T secara *real-time* melalui web *monitoring*?

4. Bagaimana merancang sistem notifikasi peringatan dini berbasis Telegram Bot untuk mengirimkan informasi kondisi suhu abnormal secara cepat dan akurat kepada pengguna?
5. Bagaimana kinerja keseluruhan sistem dalam hal akurasi pembacaan sensor, keandalan komunikasi data, serta respon proteksi otomatis terhadap kondisi suhu berlebih?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, tujuan dalam penelitian ini adalah:

- 1 Merealisasikan rancang bangun *prototype* sistem deteksi dini titik panas (*hotspot*) pada terminal kabel PHB-TR menggunakan sensor inframerah MLX90614 berbasis mikrokontroler ESP32.
- 2 Mengimplementasikan fitur *safety interlock* pada sistem berbasis ESP32 untuk memutus suplai listrik secara otomatis dan mencegah aktivasi kembali sistem setelah terjadi kondisi bahaya hingga suhu kembali normal dan dilakukan reset manual.
- 3 Mengembangkan sistem *monitoring* suhu berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan protokol MQTT dengan *broker* HiveMQ untuk menampilkan data suhu fasa R, S, dan T secara *real-time* melalui web *monitoring*.
- 4 Mengimplementasikan sistem notifikasi berbasis Telegram Bot sebagai media peringatan dini terhadap kondisi suhu abnormal secara cepat dan responsif.
- 5 Menganalisis kinerja keseluruhan sistem meliputi akurasi pembacaan sensor, keandalan komunikasi data, serta respon proteksi otomatis terhadap kondisi suhu berlebih.

1.4 Manfaat Tugas Akhir

1.4.1 Manfaat Teoritis

- 1 Menjadi referensi ilmiah mengenai penerapan teknologi IoT pada sistem *monitoring* dan proteksi peralatan tenaga listrik, khususnya pada panel PHB-TR berbasis mikrokontroler ESP32.

- 2 Memberikan kontribusi kajian terkait penggunaan sensor inframerah non-kontak MLX90614 dalam mendeteksi kenaikan suhu titik panas (*hotspot*) pada terminal sambungan peralatan listrik secara *real-time*.
- 3 Menambah literatur dalam bidang sistem kendali dan proteksi listrik terkait penerapan fitur *safety interlock* berbasis mikrokontroler ESP32 sebagai mekanisme pengaman otomatis terhadap kondisi suhu berlebih pada panel listrik.
- 4 Menjadi referensi pengembangan sistem komunikasi data berbasis IoT yang mengombinasikan fungsi *monitoring* menggunakan protokol MQTT dengan *broker* HiveMQ dan sistem notifikasi berbasis Telegram Bot dalam satu arsitektur terpadu.

1.4.2 Manfaat Praktis

- 1 Bagi penulis, penelitian ini dapat meningkatkan kompetensi dalam perancangan dan implementasi sistem *monitoring* dan proteksi berbasis IoT, meliputi perancangan rangkaian, integrasi sensor, pemrograman mikrokontroler ESP32, komunikasi data MQTT, serta implementasi sistem notifikasi berbasis Telegram.
- 2 Bagi mahasiswa dan pembaca, penelitian ini dapat menjadi referensi praktis dalam pengembangan sistem *monitoring* suhu panel listrik berbasis IoT yang dilengkapi fitur proteksi otomatis, web *monitoring real-time*, dan sistem notifikasi jarak jauh.
- 3 Bagi instansi atau industri, penelitian ini dapat menjadi alternatif solusi untuk sistem deteksi dini dan proteksi terhadap potensi gangguan termal pada panel PHB-TR, khususnya akibat sambungan longgar, dengan dukungan *monitoring* secara *real-time* dan notifikasi cepat guna meningkatkan keandalan dan keselamatan sistem kelistrikan.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan fokus sesuai dengan ruang lingkup perancangan sistem, maka batasan masalah yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

- 1 Penelitian ini berupa perancangan realisasi *prototype* sistem simulasi PHB-TR, sehingga belum merepresentasikan secara penuh kondisi operasional panel distribusi tegangan rendah pada instalasi sebenarnya.
- 2 Pemantauan titik panas (*hotspot*) difokuskan pada titik terminal baut kabel skun pada jalur *output* kontaktor fasa R, S, dan T menuju beban *prototype*.
- 3 Sensor yang digunakan adalah sensor inframerah MLX90614 untuk pembacaan suhu non-kontak pada posisi dan jarak pengukuran yang tetap.
- 4 Parameter yang diukur dan dianalisis dalam penelitian ini hanya terbatas pada suhu ($^{\circ}\text{C}$), tanpa pengukuran parameter kelistrikan lainnya.
- 5 Sistem proteksi menggunakan kontaktor magnetik yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 dengan penerapan logika *safety interlock* untuk mencegah sistem aktif kembali sebelum suhu berada pada kondisi aman.
- 6 Sistem *monitoring* berbasis IoT menggunakan protokol MQTT dengan *broker* HiveMQ untuk menampilkan data suhu secara *real-time* melalui web *monitoring*.
- 7 Web *monitoring* hanya difokuskan untuk pemantauan suhu, status sistem, dan fungsi reset tanpa membahas penyimpanan data maupun keamanan jaringan.
- 8 Sistem notifikasi menggunakan Telegram Bot yang hanya mengirimkan peringatan pada kondisi *warning* dan *danger*,
- 9 Simulasi gangguan suhu dilakukan menggunakan sumber panas eksternal tanpa melibatkan pembebanan arus besar secara langsung.

1.6 Sistematika Tugas Akhir

Sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memberikan gambaran mengenai alur pembahasan penelitian, sehingga memudahkan pembaca dalam memahami isi laporan secara keseluruhan. Adapun sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisi mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan tugas akhir, manfaat tugas akhir, batasan masalah, dan sistematika penyusunan laporan tugas akhir.

BAB II : LANDASAN TEORI

Dalam bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan sistem proteksi suhu dan teknologi IoT. Selain itu juga berisi dasar teori yang menjelaskan secara detail terkait hal-hal yang mendasari dalam pembuatan tugas akhir.

BAB III : PERANCANGAN TUGAS AKHIR

Dalam bab ini membahas secara mendalam mengenai proses desain sistem baik pada perancangan *hardware* dan perancangan *software*. Perancangan *hardware* mencakup pembuatan dan cara kerja blok diagram sistem, perancangan alat secara 3D, dan perancangan *wiring* skematik. Perancangan *software* meliputi logika pemrograman yang divisualisasikan melalui flowchart, integrasi sensor, komunikasi data berbasis MQTT menggunakan HiveMQ, perancangan web *monitoring*, sistem notifikasi Telegram, dan logika kerja sistem proteksi secara keseluruhan.

BAB IV : PEMBUATAN ALAT

Dalam bab ini menjelaskan proses pembuatan dan implementasi sistem, meliputi perakitan *prototype*, instalasi komponen pada panel PHB-TR, proses pengkabelan (*wiring*), pengujian awal perangkat keras, serta pengunggahan dan konfigurasi program pada mikrokontroler. Selain itu, dibahas pula implementasi komunikasi MQTT, pembuatan web *monitoring*, dan konfigurasi Telegram Bot.

BAB V : PENGUJIAN DAN ANALISIS ALAT

Dalam bab ini menyajikan proses pengujian sistem untuk mengevaluasi kinerja alat. Data hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui performa dan kesesuaian sistem.

BAB VI : PENUTUP

Menyajikan kesimpulan akhir dari hasil perancangan dan pengujian sistem secara keseluruhan, serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.