

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keandalan sistem distribusi tenaga listrik sangat bergantung pada kondisi isolasi peralatan tegangan menengah, khususnya kubikel 20 kV yang berfungsi sebagai penghubung, pemutus, dan proteksi jaringan. Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kualitas isolasi kubikel adalah kondisi suhu dan kelembapan di dalam panel. Kelembapan yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya kondensasi, yang menurunkan tahanan isolasi dan meningkatkan risiko terjadinya *tracking*, *partial discharge (PD)*, hingga *flashover*, terutama saat kubikel kembali diberi tegangan setelah pemadaman (*re-energize*).

Untuk mencegah kondisi tersebut, kubikel umumnya dilengkapi *heater* yang berfungsi menjaga suhu internal kubikel tetap di atas titik embun sehingga kelembapan relatif dapat dikendalikan. Namun, *heater* konvensional sepenuhnya bergantung pada suplai listrik Jaringan Tegangan Rendah (JTR) di sekitar gardu. Ketika terjadi pemadaman listrik, *heater* ikut berhenti beroperasi sehingga kelembapan di dalam kubikel meningkat dan terakumulasi selama periode padam. Kondisi ini berpotensi menimbulkan gangguan isolasi saat sistem kembali bertegangan, yang pada akhirnya dapat menurunkan keandalan penyaluran energi listrik kepada konsumen.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu sistem yang tidak hanya mampu memantau suhu dan kelembapan secara *real-time*, tetapi juga memastikan *heater* tetap beroperasi saat suplai listrik utama padam. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini dirancang dan dibangun sistem pendeteksi suhu dan kelembapan untuk proteksi kubikel yang dilengkapi dengan *heater hybrid*. Sistem ini memanfaatkan dua sumber energi, yaitu PLN sebagai sumber utama dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan penyimpanan baterai sebagai sumber cadangan. Perpindahan sumber dilakukan secara otomatis menggunakan *Automatic Transfer Switch (ATS)* berbasis *Solid State Relay (SSR)* yang dikendalikan oleh ESP32 WROOM.

Dengan integrasi sistem *monitoring* dan *heater hybrid* ini, kondisi lingkungan kubikel dapat dikendalikan secara preventif meskipun terjadi pemadaman listrik. Sistem yang dirancang diharapkan mampu meningkatkan keandalan proteksi kubikel 20 kV sekaligus mendukung pemanfaatan energi terbarukan dalam sistem distribusi tenaga listrik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, didapatkan rumusan masalah untuk pembahasan pada perancangan alat ini yaitu :

1. Bagaimana merancang sistem pemantauan suhu dan kelembapan berbasis sensor DHT22 dan ESP32 WROOM yang mampu menampilkan data secara real-time serta mengendalikan heater berdasarkan ambang kelembapan 80% RH untuk proteksi kubikel 20 kV?
2. Bagaimana merancang sistem suplai heater hybrid berbasis PLN dan PLTS dengan mekanisme automatic transfer switch (ATS) menggunakan Solid State Relay (SSR) sehingga perpindahan sumber daya dapat berlangsung otomatis, tanpa paralel sumber, dan dalam waktu kurang dari 15 detik saat terjadi pemadaman PLN?
3. Bagaimana kinerja sistem dalam menurunkan kelembapan relatif kubikel dari kondisi di atas 80% RH hingga berada di bawah ambang kendali, serta menjaga kontinuitas operasi heater saat terjadi perpindahan sumber daya?

1.3 Tujuan

Melihat rumusan masalah di atas, perancangan alat ini bertujuan untuk :

1. Merancang dan merealisasikan sistem pemantauan suhu dan kelembapan kubikel 20 kV berbasis sensor DHT22 dan ESP32 WROOM yang mampu menampilkan data secara real-time serta mengendalikan heater berdasarkan ambang kelembapan 80% RH.
2. Merancang dan mengimplementasikan sistem suplai heater hybrid berbasis PLN dan PLTS Off-Grid dengan mekanisme Automatic Transfer Switch (ATS) menggunakan Solid State Relay (SSR) yang mampu melakukan perpindahan

sumber daya secara otomatis tanpa paralel sumber dalam waktu kurang dari 15 detik.

3. Menguji tingkat akurasi sensor suhu dan kelembapan serta sensor tegangan terhadap alat ukur referensi untuk mengetahui nilai error sistem.
4. Menganalisis performa sistem dalam menurunkan kelembapan relatif kubikel dari kondisi di atas 80% RH hingga berada di bawah ambang kendali serta menjaga kontinuitas operasi heater selama terjadi pemadaman listrik.

1.4 Manfaat

Dengan dilakukannya penelitian ini, manfaat yang di dapatkan sebagai berikut:

1. Memberikan solusi teknis untuk menjaga kelembapan dan keandalan kubikel 20 kV dengan sistem *heater* yang tetap aktif saat listrik PLN padam.
2. Menjadi referensi akademik dalam pengembangan sistem tenaga listrik berbasis *hybrid* dan teknologi *IoT*.
3. Mendorong pemanfaatan energi terbarukan di lingkungan kerja PLN guna meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem distribusi.
4. Menambah pengetahuan dan keterampilan praktis dalam perancangan, integrasi, dan pengujian sistem otomatis berbasis mikrokontroler.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, untuk mendapat hasil yang diharapkan maka penulis membatasi pembahasan dengan membuat ruang lingkup masalah sebagai berikut:

1. Sistem *hybrid* hanya mencakup dua sumber energilistrik: PLN (JTR) dan PLTS.
2. Rancang bangun difokuskan pada prototipe Rancang Bangun Sistem, bukan pada kubikel bertegangan 20 kV secara langsung.
3. *Switching* sumber energi hanya menggunakan *Automatic Transfer Switch* (ATS) berbasis *Solid State Relay* (SSR) dengan kontrol ESP32 WROOM. Tidak membahas proteksi sistem *switching* untuk beban besar di luar kebutuhan *heater*.

4. Pemantauan dibatasi pada parameter suhu dan kelembapan yang dibaca oleh sensor DHT22 dan ditampilkan secara real-time melalui media monitoring berbasis IoT, tanpa fitur penyimpanan atau pencatatan histori data sebelumnya.
5. Pengujian dilakukan untuk mengetahui keandalan sistem *switching*, stabilitas pembacaan suhu, dan efisiensi penggunaan *heater* dari kedua sumber energi listrik.