

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Listrik menjadi kebutuhan primer dalam kehidupan modern saat ini, dan menjadi peran utama dalam infrastruktur yang mendukung berbagai aspek kehidupan sehari-hari [1]. Listrik diproduksi di pembangkit listrik (PLTU, PLTG dan lainnya). Listrik dialirkan melalui jaringan transmisi yang menghubungkan pembangkit listrik dengan gardu induk. Di gardu induk ini tegangan listrik dari pembangkit diubah ke tingkat yang lebih sesuai untuk distribusi ke wilayah-wilayah tertentu [2]. Salah satu perangkat di gardu induk (GI) yang berperan penting adalah transformator daya. Trafo daya berfungsi untuk mengubah tegangan listrik dari satu level ke level yang lain, dimana tegangannya yang diubah bisa bermacam-macam seperti pengubahan tegangan 150 kV ke tegangan 20 kV, pengubahan ini memungkinkan listrik untuk ditransmisikan melalui jarak yang jauh tanpa terlalu banyak kehilangan energi. Oleh karena itu, trafo menjadi salah satu komponen yang berperan vital dalam penyediaan pasokan listrik kepada masyarakat luas [3].

Gangguan pada trafo daya dapat mempengaruhi ketersediaan dan kualitas pasokan listrik. Salah satu masalah yang sering terjadi pada trafo adalah kenaikan suhu yang tidak terkendali dan tidak terpantau [4]. Saat trafo daya beroperasi dengan beban tinggi, suhu minyak di dalam trafo cenderung meningkat. Pada trafo yang lebih tua, suhu minyak dapat meningkat tajam seiring dengan peningkatan arus beban, yang menyebabkan kinerja trafo tidak optimal. Untuk menjaga efektivitas sistem pendingin, sangat penting untuk mengoptimalkan kendali suhu dalam sistem pendingin trafo. [5]. Trafo dilengkapi dengan pendingin untuk mencegah *overheat*. Salah satu komponen inti trafo adalah kumparan, yang akan mengalami kenaikan suhu seiring dengan kenaikan beban. Ketika suhu melebihi batas normal, minyak berfungsi untuk mendinginkan kumparan. Minyak menyerap panas dari kumparan dan kemudian didinginkan oleh pendingin atau radiator [6].

Selain suhu minyak trafo, hal lain yang tidak kalah penting yaitu suhu *body* trafo yang dapat dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Berdasarkan wawancara

dengan staf PLN persero JBM Bali Selatan menyatakan bahwa di Gardu induk Sanur pernah terjadi peristiwa trafo daya terbakar akibat suhu lingkungan yang begitu panas dan minyak trafo yang kehilangan kemampuan untuk pendinginan. Pak Mayndra, selaku *leader* tim pemeliharaan PLN, menyatakan bahwa suhu *body* trafo tidak boleh melebihi 55°C. Jika suhu *body* trafo melampaui nilai tersebut, hal ini dapat memengaruhi kinerja trafo secara keseluruhan. Sementara itu, untuk suhu kumparan maupun minyak, kipas akan menyala secara otomatis jika suhu melebihi 60°C. Suhu normal ditetapkan berada di bawah 70°C, sedangkan jika suhu melebihi batas tersebut, sistem akan memberikan peringatan bahwa suhu telah melampaui batas aman. Apabila suhu terus meningkat hingga mencapai 90°C, sistem akan melakukan *trip* pada trafo, sehingga trafo akan berhenti beroperasi untuk mencegah kerusakan lebih lanjut.

Data pasti trafo bekerja dalam rentang suhu tertentu tidak dapat diketahui karena tidak terdapat sistem *monitoring* secara *real time*, data tersebut didapat hanya saat pemeliharaan harian yang dilakukan di lapangan setiap jam 10 pagi dan 4 sore, yang diinputkan datanya secara manual di sebuah aplikasi bernama *SmartNes*. Pemeliharaan tersebut dirasa kurang efektif karena suhu trafo sendiri akan berubah seiring meningkatnya arus beban pada trafo. Oleh karena itu, akan sangat relevan jika solusi permasalahan ini dipecahkan dengan penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk *monitoring* jarak jauh dan secara *real time* serta pengendalian dengan logika *fuzzy* untuk mengendalikan sistem pendinginan minyak trafo [7].

Penelitian terkait pemanfaatan IoT dalam pemantauan suhu trafo sudah pernah dilakukan, penelitian tersebut dilakukan oleh Citra Fandean S. dkk, dengan judul *Monitoring Suhu Non-Contact Sambungan Kabel Dengan Trafo Berkapasitas 20 kV pada Gardu Induk Ngagel Berbasis IoT*, pada penelitian tersebut menggunakan *Microcontroller* Wemos D1 Mini sebagai pengendali, sensor MLX90164 sebagai sensor untuk mendeteksi suhu sambungan kabel trafo dan sensor DHT11 untuk *monitoring* suhu lingkungan. Tujuan penelitian tersebut untuk pemantauan suhu dan mengetahui pengaruh dari suhu lingkungan terhadap suhu sambungan kabel trafo tanpa memberikan kendali atau solusi jika terjadi lonjakan suhu atau *hotspot* [8].

Penelitian kedua dilakukan oleh Fajar R. Dengan judul *Design of Control System Temperature and Oil Level on The Power Transformator Prototype*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah *prototype* sistem kendali suhu minyak pada transformator yang efektif dalam mencegah *overheat* dan menjaga level minyak selalu penuh, penelitian tersebut menggunakan logika *fuzzy* dalam mengendalikan kipas untuk pendinginan trafo. Dimana parameter *input* yang digunakan adalah suhu udara dan suhu minyak trafo. Namun kekurangan penelitian tersebut belum berbasis IoT sehingga data tidak dapat terpantau secara *real time* [9].

Fuzzy dapat diartikan sebagai samar atau kabur dimana suatu nilai masih belum pasti antara benar atau salah, dan didalamnya terdapat himpunan kabur yang bernilai antara 0 sampai 1 yang merupakan derajat keanggotaan dari logika *fuzzy* sendiri. Dari derajat keanggotaan sebuah nilai, logika *fuzzy* dapat menentukan hasil yang diinginkan sesuai faktor yang telah ditentukan dan berada pada keadaan selain benar dan salah seperti sangat tinggi, tinggi, lumayan tinggi, pendek [10]. Logika *fuzzy* sering digunakan untuk pengendalian, pengambilan keputusan, analisis risiko, pengenalan pola dan lain-lain [11]

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan, diperlukan *monitoring* suhu trafo secara *real-time* dan pengendalian sistem pendingin trafo untuk mencegah *anomali*. Oleh karena itu, penelitian ini akan melakukan **implementasi metode *fuzzy* dalam sistem pendingin trafo gardu induk berbasis IoT**. Metode *fuzzy* digunakan untuk mengatur kecepatan kipas pendingin. Semakin panas kumparan, maka minyak akan mendinginkan kumparan sehingga suhunya akan semakin naik. Ketika suhu minyak meningkat, kecepatan putaran kipas akan bertambah sesuai dengan kenaikan suhu tersebut. Kecepatan kipas disesuaikan berdasarkan rentang suhu minyak, sehingga diharapkan proses pendinginan dapat berlangsung lebih cepat dan efektif. Parameter *input* yang digunakan adalah suhu minyak trafo, suhu *body* trafo, dan suhu lingkungan trafo. Ketiga *input* ini akan menentukan tingkat kecepatan kipas. Semua data mengenai suhu lingkungan, suhu *body* trafo, dan suhu minyak trafo, akan termonitoring secara *real-time* karena berbasis *Internet of Things* sehingga pemeliharaan trafo lebih efektif.

Penelitian ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai solusi bisnis di sektor kelistrikan. Dengan adanya sistem pemantauan suhu trafo berbasis IoT dan kendali *fuzzy*, perusahaan listrik dapat mengurangi risiko kegagalan trafo dan meningkatkan efisiensi pemeliharaan, sehingga biaya operasional lebih terkendali. Solusi ini dapat dikemas dalam bentuk layanan pemantauan berbasis IoT siap pakai, atau sistem integrasi dengan *smart grid*. Selain itu, data *real-time* yang dihasilkan juga dapat dimanfaatkan untuk analisis performa aset, yang berpotensi menarik bagi penyedia layanan energi, manufaktur trafo

1.2 RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana performa sensor yang digunakan untuk mengukur suhu *body*, suhu minyak, dan suhu lingkungan?
2. Bagaimana efektivitas data suhu dari sensor sampai ke server IoT tanpa kehilangan dan dengan *delay* minimal?
3. Bagaimana perbandingan *error* antara hasil kecepatan kipas yang dikendalikan menggunakan logika *fuzzy* di *hardware* dengan MATLAB?

1.3 BATASAN MASALAH

Batasan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. *Microcontroller* yang digunakan adalah ESP32, yang akan terhubung ke jaringan *WiFi* dan menggunakan protokol MQTT untuk berkomunikasi dengan *server*.
2. Variabel yang dipantau yaitu suhu lingkungan, suhu *body* trafo dan suhu minyak trafo.
3. Sensor yang digunakan yaitu sensor DHT11 untuk mendeteksi suhu dan lingkungan, sensor suhu MLX90614 untuk mendeteksi suhu *body* trafo, sensor DS18B20 untuk mendeteksi suhu minyak trafo.
4. Penelitian pendeteksian sensor suhu dilakukan pada *prototype* yang dibuat sendiri, yang dirancang sebagai simulasi dari trafo yang asli.
5. Metode logika *fuzzy* diterapkan merupakan jenis *fuzzy* Sugeno.

1.4 TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk Mengetahui performa sensor yang digunakan untuk mengukur suhu *body*, suhu minyak, dan suhu lingkungan.
2. Untuk mengetahui cara memastikan data suhu dari sensor sampai ke *server* IoT tanpa kehilangan dan dengan *delay* minimal.
3. Untuk mengetahui perbandingan *error* antara hasil kecepatan kipas yang dikendalikan menggunakan logika fuzzy di *hardware* dengan MATLAB.

1.5 MANFAAT

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu petugas pemeliharaan gardu induk terkait pemantauan trafo sehingga lebih efisien dan secara *real-time* tanpa harus terjun ke lapangan. Hal ini dikarenakan sistem dapat memberikan informasi yang akurat dan memiliki kendali otomatis dalam menangani kenaikan suhu drastis dari trafo.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

- BAB I Berisi mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.
- BAB II Berisi mengenai kajian pustaka, dasar teori pendukung penelitian.
- BAB III Berisi mengenai alat dan bahan yang digunakan pada penelitian, alur penelitian, perancangan simulasi atau alat yang akan dibuat, *flowchart* sistem, skema pengujian dan *timeline* pekerjaan.
- BAB IV Berisi mengenai analisis serta pembahasan dari hasil pengamatan yang dilakukan.
- BAB V Berisi mengenai kesimpulan dari pengamatan yang sudah dilakukan serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.