

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Gardu induk 150 kV kalibakal bertanggung jawab untuk menyediakan energi listrik di wilayah sekitarnya. Untuk mencegah terjadinya kerusakan pada transformator daya akibat lonjakan tegangan akibat sambaran petir, *Lightning Arrester* yang terpasang di Bay Trafo 4 harus selalu dalam kondisi andal. Analisis kualitas *Lightning Arrester* (LA) dilakukan melalui pengujian dan evaluasi parameter teknisnya untuk memastikan hal tersebut. Analisis ini mencakup pemeriksaan arus bocor, resistansi isolasi, kondisi fisik, dan pencatatan kejadian operasi LA saat menyalurkan surja.

Sistem tenaga listrik adalah infrastruktur penting yang membutuhkan tingkat keandalan tinggi guna menghantarkan daya listrik yang dihasilkan oleh pembangkit menuju pengguna akhir. Gangguan yang disebabkan oleh surya petir dan surya hubung adalah salah satu komponen yang mempengaruhi kontinuitas penyaluran energi listrik. Karena gangguan ini dapat menyebabkan tegangan lebih, atau *over voltage*, yang dapat merusak peralatan di gardu induk, khususnya *transformator* daya, diperlukan peralatan proteksi yang dapat mengalirkan arus petir ke tanah dan juga membatasi tegangan lebih. Untuk menghindari kerusakan pada peralatan utama gardu induk, *lightning arrester* (LA) adalah salah satunya.

Gardu induk berperan sebagai komponen penting dalam distribusi energi listrik kepada konsumen. Fungsi utamanya adalah mentransformasi daya listrik. GI umumnya berfungsi di sistem yang memiliki tegangan tinggi, sehingga rentan terhadap gangguan akibat lonjakan petir, baik yang mengenai kabel transmisi maupun kabel tanah secara langsung atau tidak langsung. Fenomena ini dapat memperpendek masa pakai atau bahkan merusak peralatan di gardu induk, yang pada akhirnya mengganggu pasokan energi listrik kepada konsumen. Dalam pengoperasian gardu induk, optimalisasi kinerja komponen dan peralatan yang ada sangatlah penting. Salah satu komponen krusial adalah *lightning arrester*, yang dikenal juga sebagai *arrester*, berfungsi melindungi peralatan listrik dari lonjakan tegangan akibat sambaran petir. Ketidakefektifan *arrester*, kesalahan operasional, atau gangguan alam seperti banjir, petir, dan badai dapat mengakibatkan gangguan pada transmisi daya di gardu induk. (Andari et al., 2022).

Prinsip kerja *arrester* dapat diuraikan sebagai berikut: pada keadaan operasi normal, *arrester* berperan sebagai komponen isolatif yang memisahkan peralatan dari aliran arus berlebih. Namun, ketika muncul tegangan lebih sesaat (surja atau transien bertegangan tinggi), fungsi *arrester* berubah menjadi konduktif dengan nilai impedansi yang sangat rendah. Kondisi ini memungkinkan arus berlebih dialirkan secara cepat ke tanah, sehingga mencegah potensi kerusakan pada peralatan listrik. Setelah gelombang surja mereda, *arrester* harus kembali ke karakteristik isolatif

semula untuk menjaga kestabilan sistem. Secara umum, arrester ditempatkan pada setiap ujung saluran udara tegangan tinggi yang terhubung ke gardu induk. Penentuan lokasi pemasangan yang tepat pada jaringan distribusi memiliki peran penting dalam meningkatkan efektivitas sistem proteksi terhadap pengaruh induksi petir. Dengan demikian, keberadaan arrester di setiap gardu induk merupakan suatu keharusan guna memastikan keandalan operasional serta keselamatan sistem tenaga listrik secara menyeluruh. (Nasution & Yusmartato, 2019).

Untuk meminimalkan dampak yang ditimbulkan oleh sambaran petir, digunakan suatu perangkat pengaman terhadap tegangan lebih yang disebut *lightning arrester*. Secara prinsip, *lightning arrester* bekerja dengan menyediakan lintasan berhambatan rendah bagi arus petir agar energi yang dibawanya dapat dialirkan langsung ke tanah. Dengan demikian, peralatan listrik lain terlindungi dari lonjakan tegangan yang berpotensi merusak. Dalam keadaan operasi normal, alat ini berfungsi sebagai isolator. Namun, ketika terjadi tegangan berlebih akibat sambaran petir, peran *lightning arrester* berubah menjadi konduktor yang menyalurkan arus besar menuju tanah.

Setelah lonjakan tegangan tersebut mereda, *lightning arrester* harus segera kembali ke fungsi awalnya sebagai isolator agar Pemutus Tenaga (PMT) tidak mengalami pemutusan yang tidak diinginkan. Ketika alat ini mendeteksi adanya tegangan berlebih, ia secara otomatis menurunkan nilai resistansinya sehingga arus berlebih dapat mengalir ke tanah dengan aman.

Setelah proses pelepasan energi selesai, *lightning arrester* wajib kembali ke kondisi isolatif semula guna mencegah terjadinya pemutusan atau *trip off* pada sistem PMT secara tidak sengaja. (prasetyo, 2021).

Kegiatan pemeliharaan *lightning arrester* pada gardu induk diklasifikasikan ke dalam tiga tingkatan inspeksi. Inspeksi Level 1 merupakan kegiatan pemeriksaan visual yang dilakukan secara berkala menggunakan pancaindra dalam kondisi peralatan masih bertegangan. Tujuan utama dari inspeksi ini adalah untuk memantau serta mengidentifikasi kondisi fisik dan komponen peralatan. Pelaksanaan inspeksi LA dilakukan secara mingguan, bulanan, dan tahunan, dan hasil pengamatan tersebut dicatat dalam formulir *checklist* sebagai bahan evaluasi. Selanjutnya, Inspeksi Level 2 mencakup kegiatan pemeriksaan menggunakan alat ukur pada periode tertentu dengan kondisi peralatan tetap bertegangan, misalnya melalui pengujian *thermovisi* untuk mendeteksi potensi gangguan panas. Sementara itu, Inspeksi Level 3 merupakan pengujian dan pengukuran yang dilaksanakan setiap dua tahun sekali dalam kondisi peralatan tidak bertegangan (*off-line*). Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk menilai kondisi aktual peralatan secara menyeluruh. Proses pengukuran dilakukan dengan memanfaatkan alat ukur sederhana maupun berteknologi tinggi yang digunakan oleh petugas pemeliharaan, seperti pengukuran tahanan isolasi dan tahanan pentanahan, guna memastikan keandalan serta keselamatan sistem proteksi petir di gardu induk (Agung Suardi, 2023).

Berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja serta kualitas *lightning arrester* (LA) yang terpasang pada Gardu Induk 150 kV Kalibakal Bay Trafo 4. Melalui kegiatan analisis ini, diharapkan dapat diperoleh informasi faktual mengenai kondisi aktual dari peralatan LA serta potensi gangguan atau anomali yang mungkin terjadi dalam operasionalnya. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam penyusunan strategi pemeliharaan, tindakan perbaikan, maupun keputusan penggantian komponen proteksi guna meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik dan meminimalkan risiko kerugian akibat kegagalan peralatan. Selain itu, hasil penelitian ini juga berkontribusi bagi dunia pendidikan sebagai bahan pembelajaran dan dapat dimanfaatkan sebagai referensi dalam pengambilan keputusan teknis maupun perencanaan pengelolaan energi di masa mendatang dan juga hingga saat ini, belum banyak penelitian yang mengintegrasikan analisis jarak penempatan lightning arrester terhadap transformator dengan perhitungan selisih suhu dan nilai emisivitas hasil termovisi pada inspeksi level 2 serta pengukuran arus bocor sebagai indikator penurunan tahanan isolasi pada inspeksi level 3, padahal ketiga parameter tersebut berperan penting dalam evaluasi kondisi dan keandalan peralatan transformator.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kondisi dan kualitas *Lightning Arrester* (LA) pada Trafo 4 Gardu Induk 150 kV Kalibakal Bay berdasarkan hasil inspeksi level 1 melalui pengecekan counter *lightning arrester* selama 5 hari?
2. Bagaimana kondisi termal *Lightning Arrester* berdasarkan hasil inspeksi level 2 selama 1 bulan (2 periode) melalui pengukuran suhu dan perhitungan selisih suhu (ΔT) menggunakan thermovisi dan juga perhitungan nilai emisivitas, serta apakah terdapat indikasi anomali panas yang berpotensi menurunkan kinerja LA?
3. Bagaimana kondisi teknis *Lightning Arrester* berdasarkan hasil inspeksi level 3, pengukuran 2 tahunan yaitu pada tahun 2022 dan 2024 yang meliputi pengukuran tahanan isolasi, *wattloss*, arus bocor, dan tahanan pentanahan, serta kesesuaiannya terhadap standar teknis yang berlaku?
4. Apakah jarak penempatan *Lightning Arrester* terhadap transformator pada Trafo 4 Gardu Induk 150 kV Kalibakal Bay telah sesuai dengan ketentuan standar proteksi, dan bagaimana pengaruhnya terhadap kualitas dan keandalan *Lightning Arrester* secara keseluruhan?

C. Batasan Masalah

Agar penelitian tetap terarah sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, maka ditetapkan beberapa batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Lingkup Penelitian:

Penelitian ini difokuskan pada analisis kualitas *lightning arrester* melalui pemeliharaan tiga level inspeksi di gardu induk 150 kv Kalibakal.

2. Peralatan yang menjadi penelitian:

Lightning arrester tipe SB 150/10.3-0-A merk TRIDELTA dengan metode inspeksi level 1,2, dan 3 berdasarkan standar PLN.

3. Parameter yang diukur:

Hanya parameter teknis seperti kerja counter, pengukuran suhu, tahanan pentanahan, tahanan isolasi, *watt loss* dan checklist komponen.

4. Waktu Pengukuran:

Pengukuran dilakukan pada periode harian, periode bulanan dan periode 2 tahunan.

D. Tujuan Penelitian

- a. Menganalisis kondisi kualitas *Lightning Arrester* (LA) pada Gardu Induk 150 kV Kalibakal Bay Trafo 4 melalui tiga level inspeksi, yaitu inspeksi visual, pengukuran parameter kelistrikan, dan pengujian mendalam.
- b. Membandingkan hasil dari ketiga level inspeksi untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai efektivitas metode inspeksi dalam menilai kondisi LA.

c. Inspeksi Level 1

Mengetahui kondisi awal dan kualitas *Lightning Arrester* (LA) pada Trafo 4 Gardu Induk 150 kV Kalibakal Bay melalui pengecekan counter *lightning arrester* sebagai indikator frekuensi kerja dan intensitas paparan surja petir.

d. Inspeksi Level 2

Menganalisis kondisi termal *Lightning Arrester* melalui pengukuran suhu absolut dan perhitungan selisih suhu (ΔT) menggunakan metode termovisi, guna mengidentifikasi anomali panas yang berpotensi menurunkan kinerja dan keandalan *Lightning Arrester*.

e. Inspeksi Level 3

Mengevaluasi kualitas teknis *Lightning Arrester* melalui pengukuran tahanan isolasi, arus bocor, *wattloss*, dan tahanan pentanahan, serta menilai tingkat degradasi isolasi dan kesesuaiannya terhadap standar teknis yang berlaku.

f. Penempatan *Lightning Arrester* pada trafo

Menilai kesesuaian jarak penempatan *Lightning Arrester* terhadap transformator pada Trafo 4 Gardu Induk 150 kV Kalibakal Bay berdasarkan standar perencanaan dan proteksi sistem tenaga listrik, serta pengaruhnya terhadap efektivitas perlindungan transformator.

E. Manfaat Penelitian

a. Manfaat teoritis

Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan di bidang teknik tenaga listrik, khususnya tentang bagaimana peralatan proteksi petir (*Lightning Arrester*) sesuai dengan sistem tenaga listrik. Selain itu, penelitian ini berfungsi sebagai referensi akademik untuk pemahaman tentang teknik inspeksi LA yang melibatkan tiga level pemeriksaan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperkuat pondasi teori pemeliharaan preventif dan prediktif. Penelitian ini juga menghasilkan data empiris yang dapat digunakan untuk studi lanjutan tentang evaluasi kualitas dan umur pakai LA pada sistem transmisi dan distribusi. Studi ini menambah penelitian sebelumnya tentang penerapan standar inspeksi LA di gardu induk yang sesuai dengan standar PLN dan IEC.

b. Manfaat praktis

Diharapkan bahwa penelitian ini akan memberikan informasi dan saran yang bermanfaat bagi pengelola Gardu Induk 150 kV Kalibakal dalam hal meningkatkan keandalan operasi dan mencegah gangguan yang disebabkan oleh kegagalan pengunci kilat. Hasil dari tiga tingkat inspeksi inspeksi visual, pengukuran, dan analisis lanjutan dapat membantu petugas pemeliharaan menentukan tindakan lanjut yang tepat. Selain itu, penelitian ini dapat berfungsi sebagai acuan praktis untuk prosedur pemeliharaan rutin dan prediktif dengan tujuan menekan biaya

perbaikan darurat akibat kerusakan LA. Akibatnya, penelitian ini mendukung upaya untuk meningkatkan kontinuitas penyaluran tenaga listrik dengan meminimalkan kerusakan peralatan utama yang dapat disebabkan oleh sambaran petir.

