

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seluruh pelanggan listrik pada dasarnya mengharapkan pasokan energi yang stabil, berkelanjutan, dan sesuai dengan standar operasional yang berlaku. Kualitas daya listrik yang diterima pengguna berpengaruh langsung terhadap kenyamanan, efisiensi, serta kontinuitas proses operasional, baik pada sektor rumah tangga maupun industri. Namun dalam kenyataannya, sistem tenaga listrik di Indonesia, khususnya di wilayah timur seperti Maluku, masih menghadapi tantangan dalam menjaga keandalan penyaluran energi listrik. Salah satu gangguan yang sering terjadi adalah tegangan lebih akibat sambaran petir yang mengenai jaringan transmisi maupun peralatan di gardu induk.

Secara geografis, Kota Ambon memiliki intensitas petir yang cukup tinggi, terutama pada musim penghujan. Kondisi ini meningkatkan risiko sambaran petir terhadap saluran transmisi udara (SUTT) dan peralatan di Gardu Induk (GI) 150 kV Sirimau Ambon, yang berperan penting dalam penyaluran energi listrik di wilayah tersebut. Sambaran petir secara langsung maupun tidak langsung dapat menimbulkan lonjakan tegangan (surja petir) yang berpotensi merusak isolasi peralatan seperti transformator daya. Akibatnya, sistem proteksi dapat bekerja secara otomatis untuk memutus aliran listrik, sehingga terjadi trip jaringan dan pemadaman sementara di sisi distribusi.

Untuk mengatasi tegangan lebih akibat petir, digunakan lightning arrester sebagai perangkat proteksi utama pada gardu induk. Arrester berfungsi mengalirkan arus petir ke tanah sehingga tegangan berlebih tidak sampai mengenai peralatan penting seperti transformator. Akan tetapi, efektivitas kerja arrester sangat dipengaruhi oleh jarak penempatannya terhadap transformator. Berdasarkan hasil observasi lapangan di GI Sirimau Ambon, ditemukan bahwa posisi arrester pada beberapa bay transformator masih berjarak cukup jauh dari terminal trafo. Kondisi ini berpotensi menimbulkan tegangan sisa (residual voltage) yang lebih besar dari batas kemampuan isolasi transformator.

Selain itu, belum dilakukan kajian teknis secara mendalam mengenai koordinasi isolasi antara arrester dan transformator di gardu induk tersebut. Selama ini pemasangan

arrester umumnya mengacu pada pedoman umum PLN tanpa mempertimbangkan karakteristik lokal, seperti bentuk gelombang surja, impedansi saluran, dan kecepatan rambat gelombang pada sistem transmisi Ambon. Padahal, setiap variasi parameter tersebut dapat memengaruhi besarnya tegangan puncak yang diterima terminal transformator.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisis penentuan jarak optimal penempatan lightning arrester terhadap transformator daya pada Gardu Induk 150 kV Sirimau Ambon. Melalui pendekatan teoritis dan perhitungan matematis berdasarkan karakteristik gelombang surja, diharapkan penelitian ini dapat menghasilkan jarak penempatan yang paling efektif agar tegangan di terminal transformator tetap berada di bawah Tingkat Isolasi Dasar (TID). Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi teknis bagi PLN dalam meningkatkan sistem proteksi petir dan memperkuat keandalan operasi gardu induk di wilayah Maluku.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan Latar Belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menentukan jarak penempatan optimal antara *lightning arrester* dan transformator pada Gardu Induk Sirimau agar sistem proteksi terhadap surja petir dapat bekerja secara efektif dan memenuhi kriteria standar SPLN-7:1978 dan IEC 60099-4?
2. Berapa nilai tegangan percik (*sparkover voltage*) dari *lightning arrester* yang digunakan di Gardu Induk 150 kV Sirimau?
3. Bagaimana pengaruh jarak penempatan *lightning arrester* terhadap tingkat perlindungan transformator dari tegangan lebih akibat surja petir berdasarkan kondisi geografis dan lingkungan setempat yang memiliki tingkat sambaran petir tinggi?
4. Bagaimana rekomendasi teknis penempatan dan pemilihan *lightning arrester* yang tepat untuk meningkatkan keandalan sistem proteksi pada transformator?

1.3 Tujuan

Berdasarkan uraian Latar Belakang dan Perumusan Masalah maka tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Untuk menentukan jarak penempatan optimal antara *lightning arrester* dan transformator pada Gardu Induk 150 kV Sirimau agar sistem proteksi petir dapat berfungsi secara efektif sesuai dengan standar SPLN-7:1978 dan IEC 60099-4.
2. Untuk menghitung nilai tegangan percik (*sparkover voltage*) dari *lightning arrester* yang digunakan.
3. Untuk mengetahui pengaruh jarak penempatan *lightning arrester* terhadap efektivitas perlindungan transformator dari surja petir dengan mempertimbangkan kondisi geografis dan tingkat sambaran petir tinggi di wilayah Ambon.
4. Untuk mengetahui rekomendasi teknis yang optimal mengenai penempatan dan pemilihan *lightning arrester* yang tepat berdasarkan hasil perhitungan dan evaluasi tegangan percik.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Mengidentifikasi jarak penempatan optimal antara *lightning arrester* dan transformator pada Gardu Induk 150 kV Sirimau agar sistem proteksi petir dapat berfungsi secara efektif sesuai dengan standar SPLN-7:1978 dan IEC 60099-4.
2. Mengidentifikasi nilai tegangan percik (*sparkover voltage*) dari *lightning arrester* yang digunakan.
3. Mengidentifikasi pengaruh jarak penempatan *lightning arrester* terhadap efektivitas perlindungan transformator dari surja petir dengan mempertimbangkan kondisi geografis dan tingkat sambaran petir tinggi di wilayah Ambon.
4. Memberikan rekomendasi teknis yang optimal mengenai penempatan dan pemilihan *lightning arrester* yang tepat berdasarkan hasil perhitungan dan evaluasi tegangan percik.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penulisan Proposal Skripsi ini, penulis membatasi permasalahan pada ruang lingkup, yakni:

1. Penelitian difokuskan pada penempatan *lightning arrester* sebagai proteksi terhadap transformator daya pada Gardu Induk 150 kV Sirimau .
2. Analisis hanya mencakup jarak penempatan *lightning arrester* terhadap transformator dan nilai tegangan percik (*sparkover voltage*) dari *arrester* berdasarkan data teknis dan kondisi lapangan.
3. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan standar SPLN tanpa membahas detail sistem proteksi lain seperti *grounding system* atau koordinasi isolasi keseluruhan gardu.
4. Hasil Analisis dibandingkan dengan standar kelayakan proteksi petir untuk menilai apakah penempatan *arrester* di Gardu Induk 150 kV Sirimau sudah sesuai kriteria perlindungan transformator.
5. Penelitian tidak mencakup pengujian ekperimental di lapangan; data yang digunakan berasal dari data sekunder dan analisi teoritis berdasarkan parameter peralatan aktual di Gardu Induk 150 kV GI Sirimau.

1.6 Kebaharuan

Dalam penelitian ini, analisis penempatan *lightning arrester* dilakukan secara spesifik pada Gardu Induk 150 kV Sirimau dengan mempertimbangkan kondisi aktual sistem dan lingkungan setempat yang memiliki intensitas petir cukup tinggi. Hal ini menjadi pembeda utama dengan penelitian – penelitian sebelumnya yang umumnya hanya menganalisis jarak penempatan *arrester* berdasarkan data ideal atau perhitungan berbasis data aktual peralatan gardu untuk dan acuan standar teknis SPLN 9 : 1978 tentang Pemilihan dan Pemasangan Penangkap Petir bilamana dipilih penangkap oetir kelas 138 kV maka jarak antara penangkap petir dengan transformator antara 80 meter sampai dengan 120 meter juga untuk penangkap petir kelas 150 kV jarak antara penangkap petir dengan transformator tidak melebihi 80 meter dan IEC 60099-4 tentang Metal-oxide Surge Arresters Without Gaps for A.C. Systems untuk menentukan jarak optimal antara *arrester* dan transformator serta menilai kesesuaian nilai tegangan percik (*sparkover voltage*). Pendekatan ini memberikan gambaran yang lebih realistis mengenai efektivitas proteksi transformator terhadap surja petir dalam kondisi operasi sebenarnya.

Penelitian ini juga menawarkan kebaruan pada sisi aplikatif, yaitu memberikan rekomendasi penempatan *arrester* yang dapat dijadikan acuan oleh pihak PLN atau instansi terkait dalam merancang maupun mengevaluasi sistem proteksi petir terhadap gardu induk lain yang memiliki karakteristik sistem dan kondisi lingkungan serupa di wilayah Indonesia Timur. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan mampu memperkaya referensi teknis dan akademik mengenai penerapan sistem proteksi transformator yang andal dan sesuai dengan kondisi lapangan.