

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sambaran petir merupakan salah satu faktor utama penyebab terjadinya gangguan pada sistem transmisi tenaga listrik, khususnya pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV. Di Indonesia, yang memiliki tingkat intensitas sambaran petir relatif tinggi, potensi terjadinya gangguan akibat petir menjadi semakin besar, terutama di daerah dengan frekuensi sambaran yang tinggi. Gangguan tersebut dapat menimbulkan berbagai dampak, seperti pemadaman listrik, kerusakan peralatan, serta terganggunya kontinuitas penyaluran energi listrik. Oleh karena itu, sistem transmisi memerlukan sistem proteksi yang andal guna mengurangi dan meminimalkan dampak yang ditimbulkan oleh sambaran petir. Dalam sistem penyaluran tenaga listrik, saluran transmisi 150 kV berfungsi sebagai media utama untuk menyalurkan energi listrik dari pusat-pusat pembangkit menuju Gardu Induk, yang selanjutnya didistribusikan ke pusat-pusat beban[1]. Sambaran petir pada jaringan transmisi dapat mengakibatkan gangguan melalui cara, sebagai berikut:[2]

1. Sambaran langsung pada *tower* dan kawat tanah

Sambaran petir yang mengenai *tower* atau kawat tanah akan menimbulkan kenaikan tegangan. Besarnya tegangan ini merupakan hasil penjumlahan antara hasil kali nilai puncak arus petir dengan tahanan pentanahan kaki *tower*, serta hasil kali kecuraman arus petir dengan impedansi *tower*. Tegangan yang terbentuk bernilai sangat tinggi sehingga berpotensi menyebabkan terjadinya *backflashover* , yaitu loncatan arus petir dari struktur *tower* menuju kawat fasa.

2. Sambaran langsung pada kawat fasa

Sambaran langsung pada kawat fasa terjadi akibat kegagalan sistem perlindungan petir oleh kawat tanah. Kondisi ini umumnya disebabkan oleh sambaran petir dengan arus relatif kecil yang memiliki jarak sambar (*striking distance*) yang sempit, yaitu pada arus petir kurang dari 20 kA. Arus sambaran tersebut, ketika berinteraksi dengan impedansi surja, akan menghasilkan tegangan yang sangat tinggi. Tegangan ini berpotensi menimbulkan kegagalan pelindungan (*shielding failure*) atau menyebabkan terjadinya loncatan arus petir dari kawat fasa menuju struktur menara (*tower*).

Gangguan *backflashover* dan *shielding failure* dapat menimbulkan kerusakan pada isolator yang pada akhirnya memicu terjadinya gangguan fasa ke tanah. Jika tegangan lebih yang dihasilkan cukup tinggi, gangguan tersebut dapat melibatkan lebih dari satu pengantar sehingga berpotensi menyebabkan kegagalan

total pada sistem tenaga listrik. Oleh karena itu, diperlukan berbagai upaya mitigasi untuk mengurangi dampak gangguan petir pada saluran transmisi[3].

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengurangi gangguan petir, antara lain perbaikan sistem pentanahan pada kaki *tower*, penambahan keping insulator, serta pemasangan sistem *grounding* vertikal dari bagian bawah hingga ke atas *tower* yang dihubungkan dengan GSW (*Ground Steel Wire*) menggunakan media kabel. Dalam praktiknya, solusi yang dinilai paling efektif dari sisi biaya adalah memperbaiki nilai pentanahan kaki *tower* yang memiliki resistivitas tinggi, salah satunya dengan pemasangan kabel *counterpoise*. Penurunan impedansi pentanahan ini dapat mengurangi amplitudo tegangan lebih akibat sambaran petir pada isolator saluran transmisi, sehingga kemungkinan terjadinya loncatan listrik yang menyebabkan *backflashover* dapat diminimalkan. Namun demikian, gangguan akibat petir pada saluran transmisi masih tetap terjadi. Pada kenyataannya, langkah-langkah tersebut belum sepenuhnya mampu membuat saluran transmisi terbebas dari gangguan petir. Oleh karena itu, diperlukan upaya mitigasi lanjutan untuk meminimalkan gangguan tersebut, salah satunya melalui metode penentuan titik lokasi yang tepat dalam pemasangan *Transmission line Arrester* (TLA). Proteksi petir pada saluran transmisi dengan menggunakan TLA merupakan salah satu metode yang efektif dalam mengurangi gangguan akibat sambaran petir[4]. TLA dirancang untuk memberikan perlindungan pada sistem transmisi dengan menyalurkan lonjakan arus yang timbul akibat sambaran petir langsung ke tanah, sehingga tegangan berlebih dapat ditekan dan risiko terjadinya *flashover* pada isolator dapat dicegah.

Transmission line Arrester (TLA) pada saluran transmisi merupakan salah satu peralatan proteksi yang berperan penting dalam menjaga keandalan jaringan transmisi terhadap lonjakan tegangan akibat sambaran petir. Pemasangan TLA pada titik-titik tertentu di sepanjang Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) memungkinkan energi petir dialirkkan langsung ke tanah, sehingga potensi gangguan dan kerusakan pada sistem transmisi dapat diminimalkan.[5].

Salah satu metode proteksi yang banyak diterapkan dan terus dikembangkan adalah penggunaan *Surge Arrester*, khususnya *Transmission line Arrester* (TLA). TLA berfungsi membatasi tegangan lebih dengan cara menyalurkan arus surja petir langsung ke tanah sehingga tegangan pada isolator tetap berada di bawah nilai *Critical Flashover Voltage* (CFO). Namun demikian, pemasangan TLA pada seluruh *tower* transmisi tidak selalu ekonomis, sehingga diperlukan analisis dan optimasi dalam penentuan konfigurasi serta lokasi penempatannya.

Perkembangan perangkat lunak simulasi transien elektromagnetik, seperti ATPDraw (*Alternative Transients Program*), memungkinkan dilakukan analisis mendalam terhadap fenomena surja petir dan respon sistem transmisi secara komprehensif. Melalui simulasi ini, berbagai skenario sambaran petir dan konfigurasi penempatan *surge arrester* dapat dianalisis untuk memperoleh solusi proteksi yang paling efektif dan efisien.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisa perbandingan konfigurasi penempatan surge *arrester* terhadap sambaran petir pada saluran transmisi 150 kV dengan menggunakan bantuan perangkat lunak ATPDraw. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis mengenai konfigurasi penempatan *surge arrester* yang optimal dalam meningkatkan keandalan sistem transmisi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana karakteristik tegangan lebih akibat sambaran petir pada saluran transmisi 150 kV?
2. Bagaimana pengaruh konfigurasi penempatan *surge arrester* terhadap terjadinya *flashover* pada isolator saluran transmisi?
3. Konfigurasi penempatan *surge arrester* manakah yang paling efektif dalam mereduksi dampak sambaran petir berdasarkan hasil simulasi ATPDraw?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis respon tegangan lebih pada saluran transmisi 150 kV akibat sambaran petir menggunakan simulasi ATPDraw.
2. Menganalisis pengaruh pemasangan dan penempatan *arrester* yang paling efektif dalam meningkatkan keandalan sistem terhadap besarnya tegangan lebih pada saluran transmisi 150 kV.
3. Membandingkan efektivitas penempatan sambaran petir dalam mereduksi tegangan lebih dan mencegah terjadinya *flashover* pada isolator.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang sistem tenaga listrik, khususnya terkait analisa proteksi petir dan optimasi penempatan *Arrester* berbasis simulasi ATPDraw.
2. Sebagai referensi teknis bagi praktisi dan utilitas ketenagalistrikan dalam menentukan strategi pemasangan *arrester* yang efektif dan efisien pada saluran transmisi 150 kV.
3. Dapat memberikan dukungan terhadap peningkatan keandalan penyaluran tenaga listrik dengan mengurangi frekuensi gangguan akibat sambaran petir serta meminimalkan risiko kerusakan peralatan transmisi.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan batasan masalah sebagai berikut:

1. Analisis difokuskan pada tegangan lebih akibat sambaran petir yang terjadi pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV.

2. Gangguan yang dianalisis terbatas pada gangguan akibat sambaran petir yang menimbulkan tegangan lebih transien.
3. Peralatan proteksi yang dikaji adalah *Transmission line Arrester* (TLA).
4. Analisis dilakukan menggunakan simulasi berbasis perangkat lunak ATPDraw dengan model sistem transmisi yang disederhanakan.

1.6 Sistematika Penulisan

Proposal Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai, manfaat penelitian, dan gambaran umum mengenai sistematika penulisan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori yang mendukung penelitian tentang fenomena petir, gangguan petir pada saluran transmisi, prinsip kerja *Transmission line Arrester*, serta pemodelan petir dan sistem tenaga listrik menggunakan ATPDraw.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang tahapan penelitian, metode pengumpulan data, pemodelan sistem transmisi, skenario simulasi sambaran petir, serta konfigurasi penempatan *surge arrester* yang dianalisis.

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS

Bagian ini berisikan hasil dan analisis dari penelitian tugas akhir ini.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini membahas tentang simpulan dan saran terhadap penelitian yang dilakukan.