

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Gardu induk (GI) merupakan salah satu fokus utama dalam sistem transmisi daya listrik. Mayoritas GI milik PT PLN (Persero) dan termasuk juga GI Pakis 150 kV memanfaatkan udara terbuka sebagai media insulasi. Instalasi peralatan pada area terbuka rawan akan gangguan petir dengan akibat tegangan lebih yang berbahaya bagi sistem, mengingat terpasang juga transformator daya yang memiliki nilai ekonomis tinggi [1].

Transformator daya (Trafo) adalah komponen yang dipekerjakan untuk mentransformasikan daya listrik dengan cara menurunkan atau menaikkan level tegangan sesuai dengan tegangan kerja yang diinginkan namun tidak mengubah frekuensi. Trafo terproteksi dari tegangan lebih akibat surja hubung dan surja petir berkat adanya perangkat lightning arrester [2][3]. Lightning arrester (LA) dapat secara cepat bersifat konduktif dengan nilai resistansi rendah saat menerima surja kemudian menjadi jalan pintas untuk mengalirkan muatan berlebih ke sistem pentanahan, sehingga peralatan terlindungi [4][5]. Peran pentingnya perangkat proteksi tegangan lebih dan pentingnya pemasangan perangkat proteksi yang mampu mengcover kebutuhan sistem mengharuskan adanya kajian intensif terhadap perangkat yang sudah terpasang. Oleh karena itu akan dilakukan studi yang berfokus pada koordinasi insulasi dari perangkat proteksi yang sudah beroperasi lebih dari 10 tahun untuk mengetahui kemampuannya terhadap kebutuhan sistem. Spesifikasi perangkat proteksi yang mengcover kebutuhan sistem dapat menjadi acuan perusahaan menentukan perangkat proteksi pada unit sistem baru. Terdapat juga implementasi dari metode *Bewley Lattice Diagram* untuk mendapat kajian intensif terhadap gelombang berjalan surja petir.

Koordinasi insulasi adalah teknik yang digunakan untuk menentukan kekuatan insulasi dari peralatan yang sehubungan dengan tegangan lebih yang dapat muncul pada sistem dan karakteristik perangkat proteksi. Kekuatan insulasi harus berharga sama atau lebih besar dari *Basic Insulation Level* (BIL) peralatan yang dilindungi [6][7]. *Bewley Lattice Diagram* adalah grafis representasi dari

hubungan waktu dengan ruang yang menunjukkan posisi dan arah gerak gelombang pada setiap peristiwa yang terjadi sangat cepat dari lonjakan arus atau tegangan yang direfleksikan dan ditransmisikan. Metode ini dapat mengatasi kesulitan dalam melacak banyaknya refleksi yang berurutan di berbagai persimpangan dari gelombang surja petir yang berjalan pada saluran [8][9].

Atensi terhadap kinerja perangkat proteksi tegangan lebih sudah menjadi objek penelitian di seluruh dunia sejak awal penyaluran energi listrik. Berbagai teknik dan berbagai fokus seperti pada beberapa penelitian berikut. Berdasarkan penelitian [10]. Penelitian dilakukan pada arrester saluran transmisi 220 kV, dengan memproses data sambaran petir /km<sup>2</sup>/tahun, data arrester yang terpasang dan spesifikasi saluran transmisi. Kemudian diselesaikan dengan metode praktis untuk mengevaluasi kinerja arrester 5 tahun terakhir. Hasil menunjukkan bahwa instalasi arrester bekerja efektif, sehingga dapat menjadi acuan pemasangan penangkal petir pada saluran yang belum memiliki perangkat proteksi. Berdasarkan penelitian [11]. Penelitian berfokus pada sistem pentanahan, kombinasi metode momen (MoM) dan metode keseimbangan harmonik (HBM) digunakan untuk memodelkan sistem pentanahan pada saat terjadi sambaran petir. sedangkan untuk analisis transien sistem pentanahan, perilaku nonlinier aktual ionisasi tanah dimodelkan dalam domain waktu (*finite difference time domain*). Hasil menunjukkan bahwa model yang diusulkan mempengaruhi tegangan lebih petir yang dihasilkan di seluruh rangkaian isolator dan berdampak signifikan terhadap perkiraan masa pakai arrester. Berdasarkan penelitian [12]. Penelitian dilakukan pada kegagalan operasi dari arrester gardu induk 220 kV, dengan memanfaatkan pencitraan termal inframerah dan metode deteksi arus kebocoran resistif. Hasil analisis menunjukkan bahwa hilangnya karakteristik voltampere nonlinier yang disebabkan oleh kelembapan pada elemen katup sehingga terjadi pemanasan arrester pada saat tegangan operasi. Penuaan cincin karet insulator, retaknya ikatan antara cincin karet dan flensa, menyebabkan hilangnya efektivitas insulasi.

Berdasarkan penelitian [13]. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kemampuan proteksi arrester yang terpasang pada gardu induk 150 kV, dilakukan simulasi pemasangan 3 model arrester. Perangkat lunak ATP-EMTP digunakan untuk menganalisis celah antara arester dan trafo yang mempunyai karakteristik

resistansi non linier dan untuk mensimulasi ketiga model arrester yang diusulkan. Hasil menunjukkan bahwa arrester yang terpasang sesuai standar, nilai tegangannya tidak melebihi BIL. Model arrester IEEE memberikan representasi yang paling akurat karena memberikan kesalahan terendah untuk nilai yang diberikan oleh pabrikan. Berdasarkan penelitian [14]. Penelitian berfokus pada gelombang berjalan tegangan lebih yang berhubungan dengan koordinasi insulasi gardu induk. Penambahan alat monitoring gelombang berjalan tegangan lebih dikombinasikan dengan analisis komprehensif, perhitungan hubungan antara analisis koordinasi insulasi peralatan listrik, dan metode analisis prediktif keadaan insulasi peralatan. Hasil menunjukkan bahwa alat monitoring memberikan validitas data seperti status tegangan lebih, tingkat proteksi arrester, dan tegangan sisa. Berdasarkan penelitian [15]. Penelitian dilakukan pada lightning arrester gardu induk 150 kV. Analisis koordinasi insulasi dan uji tahanan insulasi dilakukan. Hasil menunjukkan bahwa spesifikasi penangkal petir yang terpasang sesuai dengan kebutuhan sistem dan tahanan insulasi penangkal petir penghantar dalam keadaan baik, dengan resistansi isolasi standar yang jauh lebih rendah yaitu  $> 1 \text{ G}\Omega$ .

Dari analisis penelitian terdahulu diketahui bahwa beragam metode diterapkan dalam beragam aspek dari perangkat proteksi tegangan lebih. Penelitian tentang koordinasi insulasi untuk mengetahui level proteksi terhadap kebutuhan sistem akan dilakukan. Akan tetapi, gelombang berjalan tegangan lebih yang pada kasus ini bersumber dari sambaran petir termasuk perkara penting. Pada sistem tenaga 150 kV tegangan lebih akibat surja hubung tidak lebih berbahaya dibanding dengan tegangan lebih akibat surja petir [16]. Oleh sebab itu, diimplementasikan metode *Bewley Lattice Diagram* untuk memodelkan gerak gelombang surja petir. Penelitian dilakukan pada LA yang terpasang dengan trafo 2 gardu induk pakis 150 kV yang sudah beroperasi lebih dari 10 tahun.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian pada latar belakang di atas, permasalahan pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan koordinasi insulasi yang baik untuk perangkat proteksi tegangan lebih yang mengcover kebutuhan sistem dan berdasarkan standar yang berlaku.

2. Bagaimana implementasi dari metode *Bewley Lattice Diagram* untuk mendapatkan informasi komprehensif tentang karakteristik gelombang berjalan surja petir.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini berupa berikut:

1. Perbandingan antara koordinasi insulasi dari perangkat proteksi yang terpasang dengan kebutuhan sistem berdasarkan standar yang berlaku.
2. Spesifikasi perangkat proteksi yang mengkover kebutuhan sistem.
3. Informasi komprehensif tentang karakteristik gelombang berjalan surja petir pada saluran.

### **1.4 Batasan Masalah**

Demi memastikan bahwa dalam penelitian ini tidak jauh dari topik khusus, dilakukan batasan permasalahan sebagai berikut:

1. Menggunakan data dari Gardu induk Pakis 150 kV yang ada di wilayah kerja PT PLN (Persero) Unit Induk Transmisi Jawa Bagian Timur dan Bali (UIT JBTB) Unit Pelaksana Transmisi (UPT) Malang.
2. Penelitian dipusatkan sekedar pada analisis koordinasi perangkat proteksi petir yang terpasang pada trafo 2 gardu induk pakis 150 kV dan analisis gelombang berjalan surja petir dengan metode *Bewley Lattice Diagram* untuk mengetahui harga lonjakan tegangan, tegangan sisa per setiap posisi dan waktu pada saluran.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Berikut manfaat yang diharapkan dari penelitian ini:

1. Mengetahui apakah perangkat proteksi yang terpasang sudah mengkover kebutuhan sistem.
2. Mengetahui spesifikasi perangkat proteksi yang mengkover kebutuhan sistem, sehingga dapat menjadi acuan dasar bagi perusahaan ketika melakukan pemasangan pada unit sistem baru.
3. Mengetahui informasi komprehensif dari karakteristik gelombang berjalan surja petir.