

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gardu Induk Kualanamu merupakan salah satu infrastruktur penting dalam sistem kelistrikan Sumatera Utara, yang berfungsi sebagai pusat distribusi energi listrik dari sistem transmisi ke sistem distribusi. Sebagai penghubung utama antara pembangkit listrik dan konsumen, GI ini memiliki peran vital dalam menjaga kestabilan dan kontinuitas pasokan listrik, khususnya di kawasan strategis seperti Bandara Internasional Kualanamu dan kawasan industri sekitarnya. Dengan tegangan operasi pada tingkat menengah hingga tinggi, gardu induk ini memiliki tanggung jawab besar untuk mengatur dan menyalurkan daya sesuai kebutuhan beban yang terus meningkat seiring pertumbuhan wilayah. Kegagalan operasi yang terjadi pada gardu induk akan mengakibatkan pemadaman listrik bagi konsumen.

Gardu induk Kualanamu mengalami permasalahan penurunan tegangan (*voltage drop*) yang cukup signifikan pada beberapa penyulang 20 kV, khususnya pada penyulang KU1, KU2 dan KU3. Hasil Observasi awal menunjukkan bahwa terjadi penurunan tegangan dibawah standard yang di tentukan oleh SPLN yaitu $\pm 5\%$. Penurunan tegangan ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti jarak penghantar yang cukup jauh, dominasi beban induktif, serta distribusi beban yang tidak merata. Kondisi ini menyebabkan tegangan pada titik layanan turun di bawah batas standar. Sesuai dengan SPLN 1:1995 (Standar PLN) dan IEEE Std. 141-1993 (Red Book), batas penurunan tegangan maksimum yang ditoleransi

pada sistem distribusi sekitar $\pm 5\%$ dari tegangan nominal. Jika tidak langsung ditangani, kondisi tersebut dapat menyebabkan gangguan pada peralatan listrik pelanggan, efisiensi energi yang menurun, dan potensi kehilangan daya yang semakin besar. Jarak yang cukup jauh ini dapat memicu terjadi penurunan tegangan (*Voltage drop*) yang melebihi dari standar yang diijinkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Tharo pada tahun 2020 dengan judul “Penggunaan Kapasitor Bank Sebagai Solusi Drop Tegangan Pada Jaringan 20 kV”, dipaparkan bahwasanya untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi listrik, diperlukan pemasangan kapasitor bank yang berperan dalam menjaga kestabilan tegangan. Perancangan kapasitor bank ini didasarkan pada batas penurunan tegangan sesuai standar SPLN No. 72:1987, yaitu sebesar 3% pada transformator distribusi. Dari hasil analisis dan perhitungan, pemasangan kapasitor bank pada jaringan tegangan menengah 20 kV terbukti mampu meningkatkan tegangan di sisi pelanggan, sehingga kualitas penyaluran energi listrik tetap terjaga dan kontinuitas layanan dapat dipastikan.

Penelitian yang dilakukan Tharo merupakan salah satu solusi teknis yang dapat diterapkan untuk mengatasi penurunan tegangan adalah pemasangan kapasitor bank secara strategis di sistem distribusi. Kapasitor bank berfungsi untuk mengompensasi beban induktif, mengurangi aliran daya reaktif, dan memperbaiki profil tegangan di sepanjang jaringan distribusi. Oleh karena itu, maka diperlukan pemasangan kapasitor bank untuk meningkatkan kualitas tegangan supaya profil tegangan sesuai dengan standar yang ditetapkan (Binoto, 2020). Konfigurasi penempatan dan ukuran kapasitor yang optimal diperoleh dari

pendekatan berbasis optimasi menggunakan Algoritma Genetika (AG). Algoritma ini akan diterapkan melalui pemodelan dan simulasi menggunakan software MATLAB, yang mampu mengevaluasi berbagai kemungkinan solusi dan menentukan kombinasi terbaik secara efisien. Kemudian dilakukan analisis peningkatan tegangan menggunakan Software ETAP.

Penggabungan analisis teknis dari ETAP dan proses optimasi dari MATLAB diharapkan dapat menghasilkan solusi komprehensif yang mampu mengatasi permasalahan penurunan tegangan secara signifikan di GI Kuala Namu. Dengan penggunaan pendekatan ini, penelitian ini tidak hanya memberikan solusi berbasis data aktual dan simulasi teknis, tetapi juga membuka potensi penerapan metode serupa untuk gardu induk lain yang menghadapi permasalahan kualitas daya. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap peningkatan kinerja sistem distribusi tenaga listrik di Indonesia.

Berdasarkan uraian di atas maka penelitian ini berjudul Analisis Peningkatan Kualitas Daya Melalui Penempatan Kapasitor Bank Dengan Algoritma Genetika Pada Penyulang 20 kV Gardu Induk Kualanamu.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini yaitu :

1. Permasalahan yang terjadi pada jaringan penyulang 20 kV yaitu berupa jatuh tegangan pada saat beban tinggi atau kondisi puncak. Dapat mempengaruhi stabilitas pasokan listrik serta menyebabkan kerugian bagi penyedia energi dan pelanggan.

2. Penurunan tegangan dapat mengakibatkan faktor daya yang rendah dan berdampak pada efisiensi sistem tenaga listrik.
3. Jarak antara gardu dan konsumen yang terlalu jauh dapat memicu terjadinya penurunan tegangan (*Voltage drop*) yang mempengaruhi kualitas tegangan yang akan di distribusikan.
4. Penempatan kapasitor bank yang tidak tepat (lokasi maupun kapasitas) dapat menyebabkan resonansi harmonisa atau bahkan *overvoltage*.
5. Diperlukan metode optimasi (Algoritma Genetika) untuk menentukan lokasi dan ukuran kapasitor yang dapat meningkatkan profil tegangan secara menyeluruh pada jaringan 20 kV.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah yang ada dalam Penelitian ini adalah:

1. Pembahasan di fokuskan pada tegangan serta rugi-rugi daya yang terjadi pada penyulang 20 kV.
2. Penelitian ini menggunakan penerapan metode algoritma genetika dalam penempatan kapasitor bank untuk memperbaiki atau menjaga profil tegangan di gardu induk agar memenuhi standar.
3. Simulasi untuk melakukan penempatan kapasitor bank menggunakan software ETAP sehingga untuk biaya perbaikan diabaikan.

1.4 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari judul yang diajukan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana tingkat kualitas tegangan pada jaringan penyulang 20 kV Gardu Induk Kualanamu?

2. Bagaimana menentukan kapasitas dan lokasi kapasitor bank yang optimal untuk meningkatkan kualitas tegangan menggunakan Algoritma Genetika?
3. Bagaimana dampak yang dihasilkan oleh kapasitor bank terhadap sistem Penyulang 20 kV setelah dilakukan penempatan pemasangan menggunakan simulasi ETAP?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang diajukan adalah sebagai berikut

1. Menganalisis kualitas tegangan pada penyulang 20 kV di lingkup gardu induk Kualanamu.
2. Menentukan kapasitas dan lokasi yang optimal dari kapasitor bank untuk meningkatkan kualitas tegangan menggunakan Algoritma Genetika.
3. Menganalisis perubahan kualitas tegangan pada sistem Penyulang 20 kV setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1.6.1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai referensi dan tambahan pengetahuan mengenai peningkatan kualitas tegangan sistem Penyulang 20 kV pada Gardu Induk dengan menggunakan metode algoritma genetika untuk optimasinya dan hasil optimasi yang disimulasikan dengan Software ETAP.

1.6.2. Manfaat Praktis

1. Dengan meningkatkan profil tegangan di gardu induk, energi listrik dapat di distribusikan dengan lebih efisien ke konsumen.

2. Sebagai bahan pertimbangan dalam upaya memberikan pelayanan listrik yang handal dan berkualitas tinggi bagi pelanggan, dan sebagai referensi bagi peneliti selanjutnya.

