

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem tenaga listrik memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung aktivitas masyarakat, industri, hingga layanan publik. Sistem tenaga listrik terdiri dari beberapa komponen yang saling berhubungan, diawali dari pembangkit, jaringan transmisi, jaringan distribusi, dan beban. Jaringan transmisi merupakan jaringan yang menjadi penghubung dari pembangkitan ke jaringan distribusi. Atau dalam kata lain, jaringan transmisi berfungsi menyalurkan daya listrik dari pembangkit energi listrik menuju jaringan distribusi yang nantinya akan diteruskan kepada konsumen.

Jaringan transmisi adalah jaringan yang beroperasi pada tegangan tinggi. Jaringan transmisi yang ada di Indonesia terdiri dari beberapa tegangan operasi yakni 500 kV, 275 kV, 150 kV, 70 kV, dan 33 kV. Dalam operasinya pada tegangan tinggi, transmisi memungkinkan penyaluran daya dalam jumlah besar ke daerah-daerah yang jauh (Aan Sumiyati et al., 2024). Keandalan sistem transmisi sangat berpengaruh terhadap keberlangsungan dan kontinuitas penyaluran energi listrik dari pembangkit ke konsumen. Gangguan yang terjadi pada saluran transmisi, seperti hubung singkat dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan bahkan pemadaman luas apabila tidak segera diatasi. Oleh karena itu, diperlukan sistem proteksi secara cepat, selektif, sensitif, dan andal untuk menjaga keandalan sistem tenaga listrik (Utami et al., 2024).

Salah satu proteksi utama pada jaringan transmisi adalah rele jarak atau *distance relay*. *Distance relay* adalah proteksi jaringan transmisi yang melindungi sepanjang saluran transmisi (penghantar) yang menghubungkan satu gardu induk ke gardu induk lainnya. Rele ini akan bekerja berdasarkan prinsip pengukuran impedansi, yaitu dengan membandingkan tegangan dan arus pada saluran untuk menentukan posisi gangguan. *Distance relay* dibagi dalam beberapa zona proteksi utama yang melindungi sekitar 80% panjang saluran, zona 2 sebagai cadangan dekat dengan cakupan sekitar 120%, serta zona 3 sebagai cadangan jauh dengan cakupan hingga 200% (H. Ahmad et al., 2023). *Distance relay* merupakan pengaman utama pada saluran transmisi karena ketika ada gangguan, rele ini dapat menghilangkan gangguan dengan cepat.

Namun pada keadaan di lapangan, sistem transmisi tenaga listrik saling terkoneksi satu sama lain yang menyebabkan ketika ada gangguan maka arus gangguan mendapatkan suplai dari sisi lain. Adanya suplai lain seperti generator dan saluran paralel dapat menyuplai arus tambahan ke titik gangguan, atau disebut *infeed current*. Menurut Romdhani et al. (2021), *infeed current* terjadi ketika terdapat suplai arus tambahan yang mengalir menuju titik gangguan dari saluran atau sumber lain di jalur yang sedang diamankan. Kondisi ini menyebabkan arus yang masuk ke rele tidak sama dengan arus gangguan sebenarnya. Akibat dari hal tersebut, nilai impedansi yang terbaca oleh rele menjadi tidak tepat. Hal ini dapat menimbulkan terjadinya fenomena *overreach* dan *underreach*. *Overreach* yaitu keadaan rele membaca nilai impedansi gangguan lebih kecil dari nilai sebenarnya. Sedangkan, *underreach* yaitu keadaan rele membaca nilai impedansi gangguan lebih besar dari nilai sebenarnya. Kedua kondisi tersebut dapat menyebabkan

keandalan dan selektifitas rele jarak berkurang, karena rele bisa salah dalam mengoperasikan *circuit breaker* di luar zona kerjanya dan bahkan berpotensi gagal dalam memutus gangguan yang seharusnya diamankan. Dengan demikian, dibutuhkan suatu pendekatan yang dapat mengoreksi pembacaan rele agar tetap sesuai dengan kondisi sebenarnya.

Salah satu solusi yang ditawarkan yakni dengan menghitung nilai faktor *infeed current* (k). Faktor ini menggambarkan perbandingan antara arus gangguan total dengan arus yang terbaca oleh rele. Nilai k inilah yang dapat dijadikan dasar untuk melakukan koreksi *setting* rele, sehingga proteksi tetap bekerja andal serta merepresentasikan jarak gangguan yang sebenarnya meskipun terjadi *infeed current*. Selain itu dilakukan pula analisis pengaruh jenis gangguan saat kondisi *infeed current* terhadap pembacaan impedansi gangguan oleh *distance relay*. Penelitian ini dilakukan melalui simulasi menggunakan *software* ETAP 19.0.1 dengan studi kasus pada saluran transmisi 150 kV Sunyaragi–Mandirancan–Arjawinangun yang diskenariokan dengan beberapa gangguan simetris dan tidak simetris serta letak gangguan yang berbeda. Saluran ini dipilih karena memiliki konfigurasi jaringan interkoneksi, sehingga sesuai untuk menggambarkan kondisi sistem yang rentan terhadap *infeed current*.

Dengan dilakukannya analisis ini, diharapkan penelitian dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai pengaruh kondisi *infeed current* terhadap pembacaan impedansi oleh *distance relay* serta menentukan nilai faktor *infeed current* (k) sebagai solusi kondisi *infeed current*. Selain itu, hasil yang diperoleh juga diharapkan dapat menjadi referensi literatur pada bidang sistem proteksi tenaga listrik, khususnya terkait permasalahan *infeed current* pada *distance*

relay. Oleh karena itu, dibuatlah penelitian yang berjudul “**ANALISIS PENGARUH KONDISI *INFEED CURRENT* TERHADAP PEMBACAAN IMPEDANSI GANGGUAN OLEH *DISTANCE RELAY* PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV (STUDI KASUS SUNYARAGI-MANDIRANCAN-ARJAWINANGUN)**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu:

1. Bagaimana pengaruh kondisi *infeed current* terhadap pembacaan impedansi gangguan oleh *distance relay*.
2. Bagaimana menentukan nilai faktor *infeed current* (k) akibat adanya *infeed current*.
3. Bagaimana pengaruh jenis gangguan saat kondisi *infeed current* terhadap pembacaan impedansi gangguan oleh *distance relay*.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh kondisi *infeed current* terhadap pembacaan impedansi gangguan oleh *distance relay*.
2. Menentukan nilai faktor *infeed current* (k) akibat adanya *infeed current*.
3. Menganalisis pengaruh jenis gangguan saat kondisi *infeed current* terhadap pembacaan impedansi gangguan oleh *distance relay*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai referensi akademik mengenai proteksi *distance relay*.
2. Mengetahui bahwa kondisi *infeed current* dapat berpengaruh terhadap pembacaan impedansi gangguan oleh *distance relay*
3. Mengetahui nilai faktor *infeed* (k) pada setiap kondisi *infeed current*.
4. Mengetahui bahwa pengaruh jenis gangguan saat kondisi *infeed current* terhadap pembacaan impedansi gangguan oleh *distance relay*.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian ini sebagai berikut:

1. Saluran yang akan dianalisis adalah saluran transmisi 150 kV Sunyaragi–Mandirancan–Arjawinangun dengan rele jarak yang terpasang pada Gardu Induk Sunyaragi (Bus Sunyaragi).
2. Faktor yang mempengaruhi pembacaan impedansi oleh *distance relay* yang dianalisis yakni kondisi *infeed current*.
3. Pemodelan dan simulasi menggunakan *software* ETAP 19.0.1, dengan skenario gangguan simetris dan tidak simetris pada saluran Mandirancan–Arjawinangun yang diasumsikan *bolted fault*.