

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Studi Literatur**

Survei dari beberapa jurnal yang melakukan penelitian tentang relai jarak di saluran transmisi 150 kV memiliki kesamaan dalam metode yang dilakukan yaitu melakukan perbandingan nilai impedansi pada saluran transmisi dengan nilai nominal pengaturan relai jarak kemudian dianalisis keandalan dari nilai nominal pengaturan relai jarak tersebut. Perbedaan pada masing-masing penelitian terdapat pada asumsi yang terjadi pada saluran transmisi yaitu gangguan yang terjadi pada saluran transmisi 150 kV dan tempat saluran transmisi yang dilakukan penelitian. Perbedaan tersebut akan berdampak pada nilai impedansi pada saluran transmisi 150 kV. Penelitian terdahulu yang berhubungan dengan tugas akhir ini dapat dilihat sebagai berikut :

Gangguan fasa R pada saluran transmisi akan terjadi perubahan nilai impedansi pada saluran transmisi 150 kV di sambungan gardu induk. Relai jarak membaca perubahan nilai impedansi tersebut kemudian bekerja dengan mengirim sinyal ke pemutus daya agar bekerja. Penelitian ini menghasilkan pengaturan nilai nominal relai jarak pada saluran transmisi 150 kV sambungan gardu induk yang lebih baik dari pengaturan nilai nominal relai jarak yang digunakan PLN tetapi hanya sebatas pada gangguan fasa R pada saluran transmisi [3].

Analisis pada dampak terjadinya perubahan dari pengaturan ulang pada gardu induk yang terhubung dengan saluran transmisi 150 kV. Penelitian ini dilakukan lagi perubahan pengaturan nilai nominal relai jarak. Nilai impedansi di setiap zona saluran transmisi 150 kV kemudian dibandingkan dengan pengaturan nilai nominal relai jarak. Hasil yang didapat adalah perubahan pengaturan nominal relai jarak sesuai dengan kondisi gardu induk yang telah berubah [7].

Analisis relai jarak pada ketiga zona saluran transmisi 150 kV dengan pengaturan nilai nominal relai jarak yang dimiliki oleh PLN Palembang. Zona pada saluran transmisi 150 kV yaitu zona 1, zona 2, dan zona 3 dilakukan perhitungan perbandingan nilai impedansi saat terjadi gangguan fasa R, S, dan T dengan tanah dengan pengaturan nilai nominal relai jarak saluran transmisi 150 kV. Penelitian tersebut menghasilkan nominal relai jarak pada zona 3 yang lebih andal dibandingkan dengan nominal relai jarak zona 3 yang digunakan oleh PLN Palembang [2].

Analisis pengaturan nilai nominal relai jarak pada saat terjadi gangguan fasa R dengan fasa S. Perhitungan nilai impedansi pada zona 3 kemudian dibandingkan dengan pengaturan nilai nominal relai jarak pada saluran transmisi 150 kV dengan mensimulasikan terjadi gangguan pada zona 2 saluran transmisi 150 kV. Hasil analisis berupa pengaturan nilai nominal relai jarak yang dapat digunakan antar zona pada saluran transmisi 150 kV [4].

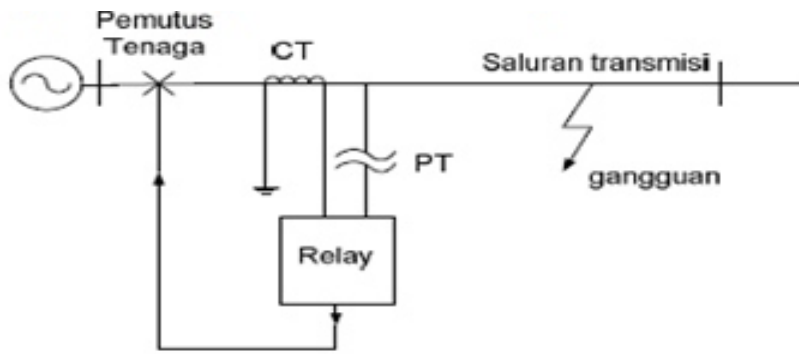
Analisis nilai nominal relai jarak pada saat gangguan terjadinya perubahan beban dan beban yang berlebih. Nilai impedansi yang berubah pada saluran transmisi yang diakibatkan dampak terjadinya perubahan beban dan perubahan beban lebih kemudian dibandingkan dengan nilai nominal pada relai jarak. Hasil berupa nilai nominal relai jarak yang lebih baik dengan keandalan lebih tinggi dari pada nilai nominal relai jarak sebelumnya [5].

Jaringan transmisi 150 kV memiliki sistem proteksi berupa relai jarak yang digunakan sebagai pelindung saat terjadi gangguan. Relai jarak memiliki prinsip 3 zona kerja yang memiliki karakteristik masing-masing. Metode yang digunakan dalam pengaturan relai jarak pada jaringan transmisi GI rembang-Pati dengan melakukan pengumpulan data penghantar serta transformator. Hasil yang didapatkan pada analisis ini berupa nilai impedansi saluran pada masing-masing zona kerja relai jarak [8].

## **2.2 Tinjauan Teori**

### **2.2.1 Prinsip Kerja Relai Jarak**

Gambar 2.1 merupakan prinsip kerja relai jarak yang bekerja dengan berdasarkan perhitungan besaran tegangan yang terdapat pada relai jarak kemudian dibagi dengan besaran arus yang terdapat pada gangguan yang terdeteksi oleh relai jarak. Hasil persamaan tersebut dapat ditemukan impedansi yang terdapat pada daerah gangguan kemudian hasil impedansi tersebut dibandingkan dengan pengaturan nilai nominal pada relai jarak [1]. Parameter kerja relai jarak apabila impedansi tersebut melebihi pengaturan nilai nominal relai jarak maka pemutus daya tidak akan bekerja, tetapi apabila impedansi kurang dari pengaturan nilai nominal relai jarak maka pemutus daya akan bekerja [8].



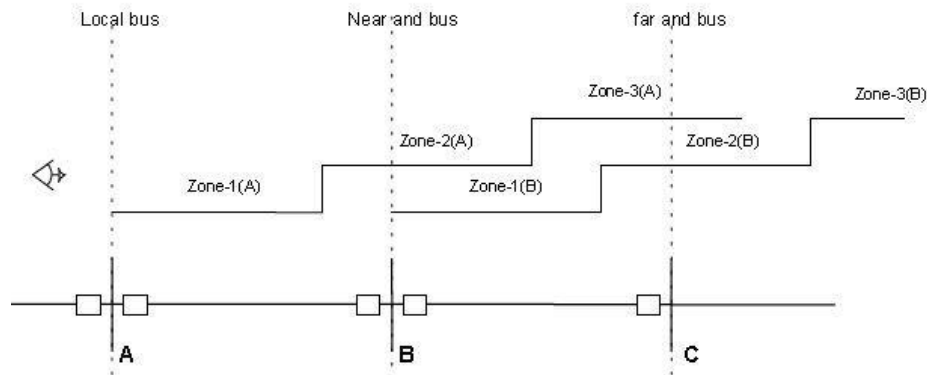
Gambar 2.1 Prinsip kerja relai jarak [9].

Gambar 2.1 Relai jarak terhubung penyingkron dan *recloser* yang otomatis kemudian semuanya terhubung dengan PLC (*Programmable Logic Controller*) yang berada di ruang kontrol. Pemutus daya terhubung dengan relai jarak agar dapat bekerja membuka dan menutup pada aliran daya pada saluran transmisi 150 kV.

### 2.2.2 Karakteristik dan Pola Relai Jarak

Relai jarak terdapat 4 karakteristik yaitu impedansi, berarah, reaktansi, dan kombinasi ketiganya [9]. Karakteristik impedansi bekerja pada saluran transmisi 150 kV yang dekat dengan beban dan bekerja apabila terjadi perubahan beban yang mengakibatkan arus yang besar. Karakteristik berarah bekerja apabila terjadi gangguan pada fasa dengan tanah. Karakteristik reaktansi bekerja pada saluran transmisi 150 kV yang jauh dari beban. Karakteristik kombinasi ketiganya mampu bekerja sesuai dengan prinsip ketiga karakteristik sebelumnya namun kinerja dari relai lebih lambat.

Gambar 2.2 merupakan pengelompokan zona relai jarak dengan bekerja pada 3 zona dengan merujuk pada jarak bus mulai dari lokal busbar, busbar yang dekat, dan busbar yang jauh mendekati dengan konsumen. Penentuan zona sangat berguna untuk analisis serta pemasangan sistem proteksi terutama relai jarak. Relai jarak terdapat 4 pola yaitu dasar, PUTT (*Permissive Underreach Transfer Trip*), POTT (*Permissive Overreach transfer Trip*), dan menahan [10]. Pola dasar tidak menggunakan PLC dan bekerja dominan pada zona 2. Pola PUTT bekerja dominan pada zona 1 dan menggunakan PLC. Pola POTT bekerja pada zona 2 dan apabila terjadi kegagalan sistem maka akan bekerja sebagai pola dasar. Pola menahan bekerja pada zona 3 dan membutuhkan penggunaan PLC.



Gambar 2.2 Pengelompokan zona relai jarak [4].

### 2.2.3 Impedansi Jaringan Transmisi

Tegangan dan arus yang masuk pada jaringan transmisi 150 kV menghasilkan perbandingan yaitu berupa impedansi [10]. Jaringan transmisi yang menggunakan relai jarak sebagai proteksi membutuhkan impedansi saluran pada jaringan transmisi agar dapat menemukan hasil pembagian zona relai jarak [9]. Impedansi pada jaringan transmisi dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$Z_L = P_s \times Z_{\text{saluran/km}} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$P_s$  = Panjang saluran.

$Z_{\text{saluran/km}}$  = Impedansi per kilometer.

### 2.2.4 Impedansi Zona Relai Jarak

Relai Jarak bekerja dengan 3 zona agar meminimalisir ketidakakuratan *instrument* dalam bekerja, kepastian dalam menentukan nominal relai jarak, dan tidak terdapatnya titik buta ketika relai jarak bekerja [11]. Peralatan yang mengakibatkan relai jarak sering terjadi kegagalan dalam mengamankan saluran transmisi adalah trafo arus, trafo tegangan, relai, dan pemutus arus [12].

Zona 1 pada relai jarak bekerja dengan 80 % dari saluran transmisi yang pertama dengan waktu kerja 0 detik. Zona 2 pada relai jarak bekerja sebagai *backup* zona 1 apabila gagal mengamankan saluran, kemudian zona 2 bekerja 20 % dari saluran pertama yang tidak terjangkau zona 1, dan

bekerja sekitar 40 % dari saluran kedua dengan waktu tunda sebagai *backup* 0,4 detik agar terjaga selektivitas dalam mengisolasi daerah gangguan dan keandalan operasi relai jarak. Zona 3 relai jarak bekerja sebagai *backup* zona 1 dan zona 2 apabila gagal mengamankan saluran transmisi, kemudian zona 3 bekerja 60 % saluran kedua yang tidak terjangkau zona 2, dan bekerja 20 % pada saluran transmisi berikutnya dengan waktu tunda sebagai *backup* sebesar 0,8 detik [9]. Pengaturan zona 1 relai jarak dapat dikalkulasikan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Zona 1} = 0,8 \times \text{ZL1} \quad (2.2)$$

Keterangan :

ZL1 = Impedansi pada saluran 1.

Pengaturan Zona 2 relai jarak dapat dikalkulasikan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Zona 2} = 0,8(\text{ZL1} + (0,8 \cdot \text{ZL2})) \quad (2.3)$$

Keterangan :

ZL1 = Impedansi pada saluran 1.

ZL2 = Impedansi pada saluran 2.

Pengaturan Zona 3 relai jarak dapat dikalkulasikan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Zona 3} = 1,2(\text{ZL1} + \text{ZL2}) \quad (2.4)$$

Keterangan :

ZL1 = Impedansi pada saluran 1.

ZL2 = Impedansi pada saluran 2.

### **2.2.5 Panjang Jangkauan Zona Relai Jarak**

Jangkauan pada masing-masing zona relai jarak berguna untuk mengetahui panjang saluran masing-masing zona relai jarak [11]. Panjang saluran masing-masing zona relai jarak berfungsi

sebagai acuan untuk teknisi dalam mengoperasikan sistem proteksi relai jarak pada saluran transmisi [9]. Persamaan yang digunakan dalam mengkalkulasikan jangkauan zona 1 sebagai berikut :

$$Ps \text{ zona1} = 0,8 \times L1 \quad (2.5)$$

Keterangan :

Ps Zona1 = Panjang saluran zona 1.

L1 = Panjang saluran 1.

Jangkauan zona 2 dalam bekerja mengamankan saluran transmisi sebagai berikut :

$$Ps \text{ Zona2} = 0,8(L1 + (0,8. L2)) \quad (2.6)$$

Keterangan :

Ps Zona1 = Panjang saluran zona 1.

L1 = Panjang saluran 1.

L2 = Panjang saluran 2.

Jangkauan zona 3 dalam bekerja mengamankan saluran transmisi sebagai berikut :

$$Ps \text{ Zona 3} = 1,2(L1 + L2) \quad (2.7)$$

Keterangan :

Ps Zona3 = Panjang saluran zona 3.

L1 = Panjang saluran 1.

L2 = Panjang saluran 2.

### **2.2.6 Impedansi Dibaca Relai jarak**

Relai jarak bekerja berdasarkan perbandingan impedansi nominal relai jarak dengan impedansi gangguan yang terbaca oleh relai jarak [13]. Relai yang bekerja pada relai jarak tidak dapat membaca tegangan dan arus yang begitu besar pada saluran transmisi sehingga dibutuhkan

*current transformer* dan *potential transformer* untuk menurunkan tegangan dan arus [10]. Impedansi yang dapat dibaca relai jarak dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$Z_{\text{relai}} = \text{PT/CT} \times Z_{\text{zona}} \quad (2.8)$$

Keterangan :

$Z_{\text{relai}}$  = Impedansi dibaca relai

PT = *Potential Transformer*

CT = *Current Transformer*

$Z_{\text{zona}}$  = Impedansi zona relai

### **2.2.7 Relai Jarak Saat Gangguan**

Gangguan yang terjadi pada saluran transmisi 150 kV yaitu hubung singkat 3 fasa, hubung singkat fasa ke fasa, hubung singkat 2 fasa ke tanah dan hubung singkat 1 fasa ke tanah [14]. Gangguan hubung singkat sering terjadi karena cuaca buruk, bencana alam, dan aktivitas manusia yang mengakibatkan penghantar putus, sambaran petir ke penghantar saluran transmisi, dan kerusakan *instrument* yang lainnya [15].

Gangguan hubung singkat 3 fasa terjadi gangguan pada fasa tegangan R, S, dan T yang mengakibatkan tegangan ketiga fasa tersebut turun, maka relai akan bekerja dengan menghitung tegangan pada relai dan arus gangguan yang terjadi sehingga mendapatkan impedansi dari gangguan tersebut [1]. Gangguan hubung singkat 2 fasa terjadi gangguan pada fasa dengan fasa, maka relai akan bekerja dengan menghitung tegangan pada fasa yang mengalami gangguan dan menghitung selisih dari arus gangguan sehingga mendapatkan impedansi dari gangguan tersebut [6]. Gangguan hubung singkat 2 fasa ke tanah terjadi gangguan antara 2 fasa pada saluran transmisi terhubung dengan tanah sehingga relai bekerja dengan menghitung tegangan dan arus pada saat gangguan sehingga mendapatkan impedansi gangguan yang akan dibandingkan dengan impedansi nominal dari relai jarak [15]. Gangguan hubung singkat 1 fasa terjadi gangguan pada fasa ketanah, maka relai akan bekerja dengan menghitung tegangan gangguan antara fasa ke tanah dan menghitung arus gangguan sehingga mendapatkan impedansi gangguan tersebut [6]