

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

Data yang digunakan analisis relai jarak ini berdasarkan dari PT. PLN (Persero) Area Penyaluran dan Pengatur Beban Sistem Kaltim. Data yang digunakan terdiri dari rasio CT dan PT serta data penghantar jaringan transmisi.

4.1.1 Rasio *Current Transformer* dan *Potential Transformer*

Rasio yang didapatkan berdasarkan dari rasio trafo arus dan trafo tegangan pada sistem relai jarak yang akan digunakan. Rasio pada CT dan PT yang akan digunakan pada relai jarak sebagai berikut :

- CT = 1000 A : 1 A
- PT = 150 kV : 100 V

4.1.2 Data Penghantar Jaringan Transmisi

Tabel 4.1 merupakan data penghantar pada jaringan transmisi 150 kV GI Kariangau-Kuaro. Data kabel penghantar PT. PLN (persero) didapatkan dari pihak kedua yang bekerja sama dalam memproduksi penghantar untuk jaringan transmisi yaitu PT. Voksel Electric.

Tabel 4.1 Data penghantar jaringan transmisi.

Item	Uraian	Satuan
Tipe Penghantar	ACSR (Double Hawk)	-
Kapasitas arus	659	A
Diameter Penghantar	21.89	mm
Luas Penampang	280.8	mm ²

Tabel 4.1 Data penghantar jaringan transmisi.

Impedansi	$0.1183 + j 0.0991$	Ω/km
Panjang GI Kariangau-Petung	45.3785	km
Panjang GI Petung-Kuaro	89.6482	km

4.2 Perhitungan Impedansi Saluran

Impedansi saluran yang didapatkan bertujuan untuk mengetahui impedansi saluran pada gardu induk Kariangau-Petung dan gardu induk Petung-Kuaro berdasarkan Panjang saluran dan impedansi per kilometer.

Impedansi jaringan transmisi 150 kV dapat mengetahui impedansi dari setiap kilometer jaringan transmisi yang akan diamankan relai jarak. Relai jarak yang bekerja dengan membandingkan nominal impedansinya dengan impedansi *real* yang dibaca relai jarak maka dari hal tersebut perlu untuk mengetahui impedansi di setiap saluran yang ingin diamankan relai jarak.

4.2.1 Impedansi Saluran GI Kariangau-Petung

Impedansi saluran pada gardu induk Kariangau dan gardu induk Petung bertujuan untuk mengetahui zona kerja dari relai jarak. Impedansi saluran yang didapatkan berdasarkan panjang saluran GI Kariangau-Petung dan impedansi per kilometer pada penghantar yang digunakan. Hasil kalkulasi impedansi saluran GI Kariangau-Petung berdasarkan persamaan (2.1) sebagai berikut :

$$ZL1 = 5,3682 + j 4,497 \Omega$$

$$ZL1 = 7,0028 \angle 39,8588^\circ \Omega.$$

Impedansi pada GI Kariangau-Petung selanjutnya disebut impedansi saluran 1 yaitu impedansi saluran 1 yang merupakan saluran yang akan diamankan oleh relai jarak saat terjadi gangguan.

4.2.2 Impedansi Saluran GI Petung-Kuaro

Impedansi saluran gardu induk Petung dan gardu induk Kuaro bertujuan untuk kerja zona relai jarak dalam mengamankan saluran berikutnya setelah saluran GI Kariangau-Petung. Nilai impedansi yang didapatkan berdasarkan pada Panjang saluran GI Petung-Kuaro dan impedansi

per kilometer penghantar. Impedansi saluran GI Petung-Kuaro selanjutnya disebut impedansi saluran 2. Hasil impedansi saluran GI Petung-Kuaro memiliki perbedaan dengan GI Kariangau-Petung karena memiliki perbedaan pada Panjang saluran. Nilai impedansi saluran pada GI Petung-Kuaro berdasarkan persamaan (2.1) dapat dilihat sebagai berikut :

$$ZL2 = 10,6053 + j 8,8841 \Omega$$

$$ZL2 = 13,8347 \angle 39,953^\circ \Omega.$$

4.3 Impedansi & Jangkauan Zona Relai Jarak

Sistem kerja relai jarak yang menggunakan 3 zona untuk mengamankan 2 saluran apabila terjadi gangguan yaitu saluran GI Kariangau-Petung dan GI Petung-Kuaro. Zona-zona yang digunakan relai jarak dalam bekerja mengamankan saluran transmisi melalui nilai impedansi yang didapatkan dari ketiga zona berdasarkan persamaan yang berbeda sesuai prinsip kerja masing-masing zona. Jangkauan panjang zona relai jarak berfungsi dalam pengoperasian relai jarak pada saluran transmisi dan pada saat relai jarak mengalami pengaturan ulang nilai nominalnya.

4.3.1 Zona 1 Relai Jarak

Zona 1 relai jarak bekerja pada 80 % dari titik GI kariangau-Petung karena pada rangkaian dalam penggunaan sistem proteksi relai jarak kerja dari trafo arus dan trafo tegangan yang terpasang serta relai yang terpasang itu sendiri memiliki tingkat ketelitian yang tidak mencapai 100 % sehingga pada zona 1 relai jarak diatur tidak 100 %. Zona 1 relai jarak bekerja 80 % dari saluran 1. Zona 1 relai jarak dibutuhkan nilai nominal impedansi dan jarak jangkauan kerja relai jarak berdasarkan impedansi saluran 1 yang telah diketahui sebelumnya. Hasil kalkulasi impedansi dan jarak jangkauan zona 1 relai jarak berdasarkan persamaan (2.2) dan (2.5) sebagai berikut :

$$\text{Zona 1} = 4,2945 + j 3,5976 \Omega$$

$$\text{Zona 1} = 5,6024 \angle 39,953^\circ \Omega.$$

$$P_s \text{ Zona 1} = 36,3028 \text{ km.}$$

Zona 1 relai jarak bekerja pada waktu 0 detik dikarenakan kerja zona 1 relai jarak bekerja secara instantaneous atau secara seketika sehingga apabila terjadi gangguan relai jarak akan bekerja langsung tanpa waktu tunda.

4.3.2 Zona 2 Relai Jarak

Zona 2 pada relai jarak bekerja sebagai *backup* dari zona 1 yang bekerja 80 % saluran GI Kariangau-Petung atau saluran 1, kemudian bekerja 20 % pada saluran transmisi 1 yang tidak dapat di jangkau zona 1, dan bekerja 40 % pada saluran transmisi GI Petung-Kuaro atau saluran transmisi 2. Zona 2 relai jarak bekerja dengan 100 % pada saluran 1 dan 40 % saluran 2 sehingga dapat dikerucutkan zona 2 bekerja 140 % dari saluran 1. Hasil kalkulasi pada nilai impedansi dan jarak jangkauan zona 2 relai jarak berdasarkan persamaan (2.3) dan (2.6) sebagai berikut :

$$\text{Zona 2} = 11,0819 + j 11,6042 \Omega$$

$$\text{Zona 2} = 14,4564 \angle 39,952^\circ \Omega.$$

$$\text{Ps Zona 2} = 93,6776 \text{ km.}$$

Zona 2 relai jarak bekerja pada 0.4 detik dikarenakan kerja zona 2 relai jarak yang juga sebagai *backup* zona 1 apabila mengalami kegagalan, maka di setting dengan waktu tunda. Zona 2 relai jarak bekerja secara instantaneous atau seketika pada saat dijangkauannya sendiri.

4.3.3 Zona 3 Relai Jarak

Zona 3 pada relai jarak bekerja sebagai *backup* dari zona 1 yang bekerja 80 % dari saluran 1 dan zona 2 yang bekerja 140 % dari saluran 1 atau saluran GI Kariangau-Petung, kemudia zona 3 relai jarak bekerja 60 % s yang tidak di jangkau oleh zona 2 pada saluran 2 atau saluran GI Petung-Kuaro, dan bekerja 20 % saluran berikutnya setelah GI Kuaro. Zona 3 bekerja 100 % dari saluran 1 dan saluran 2 serta 20 % setelah saluran 2 sehingga dapat dikerucutkan bahwa zona 3 bekerja 120 % saluran 1 dan saluran 2. Hasil kalkulasi pada nilai impedansi dan jarak jangkauan kerja zona 3 berdasarkan persamaan (2.4) dan (2.7) sebagai berikut:

$$\text{Zona 3} = 19,1607 + j 16,0537 \Omega$$

$$\text{Zona 3} = 24,9993 \angle 39,99^\circ \Omega.$$

$$\text{Ps Zona 3} = 162,032 \text{ km.}$$

Zona 3 relai jarak bekerja pada waktu 0,8 detik dikarenakan kerja zona 3 relai jarak yang menjadi *backup* zona 1 dan zona 2 apabila mengalami kegagalan dalam mengamankan saluran transmisi, maka zona 3 memiliki waktu tunda lebih besar dari zona 2. Seperti zona 2 relai jarak pada daerah saluran yang diamankan sendiri oleh zona 3 maka akan bekerja secara instantaneous atau seketika.

4.4 Impedansi Dibaca Relai Jarak

Relai jarak dalam bekerja membutuhkan nilai nominal karena kerja relai jarak yang membandingkan impedansi nominal dengan impedansi gangguan. Relai jarak akan bekerja apabila impedansi gangguan lebih kecil dari impedansi nominal sedangkan apabila impedansi yang dibaca relai lebih besar maka relai tidak akan bekerja dalam mengamankan saluran transmisi.

Impedansi nominal relai jarak berdasarkan dari perbandingan tegangan dan arus yang masuk pada relai jarak. Relai jarak dalam bekerja membutuhkan trafo tegangan dan trafo arus karena relai jarak tidak dapat membaca tegangan dan arus yang sangat besar sehingga trafo tegangan dan trafo arus berfungsi untuk menurunkan tegangan dan arus agar dapat dibaca relai jarak.

Nominal relai jarak didapatkan berdasarkan perbandingan nilai rasio trafo arus dan trafo tegangan serta hasil impedansi masing-masing zona yang telah didapatkan sebelumnya. Hasil kalkulasi pada impedansi nominal yang dibaca relai jarak berdasarkan persamaan (2.8) sebagai berikut :

A. Zrelai 1

$$Z_{\text{relai1}} = 2,8601 + j 2,936 \Omega$$

$$Z_{\text{relai1}} = 3,731 \angle 39,954^\circ \Omega.$$

B. Zrelai 2

$$Z_{\text{relai2}} = 7,3805 + j 6,1826 \Omega$$

$$Z_{\text{relai2}} = 9,6278 \angle 39,952^\circ \Omega.$$

C. Zrelai 3

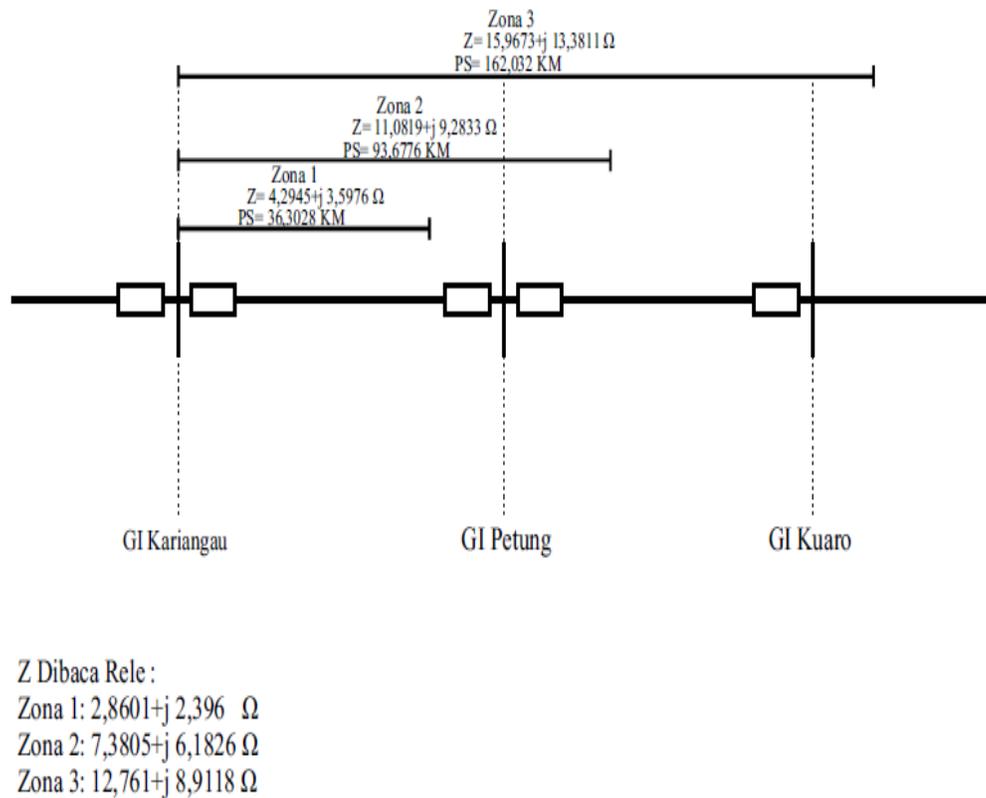
$$Z_{\text{relai3}} = 12,761 + j 8,9118 \Omega$$

$$Z_{\text{relai3}} = 15,5648 \angle 39,92^\circ \Omega.$$

Impedansi yang dibaca relai tersebut merupakan *setting* nominal pada relai jarak yang terpasang pada saluran transmisi yang akan memproteksi saat terjadi gangguan. Relai jarak tidak akan bekerja apabila terdapat gangguan di luar jangkauan 3 zona relai jarak berdasarkan nominal impedansi saluran, nominal impedansi yang dibaca relai, dan jarak jangkauan relai.

4.5 Blok dan Grafik Relai Jarak

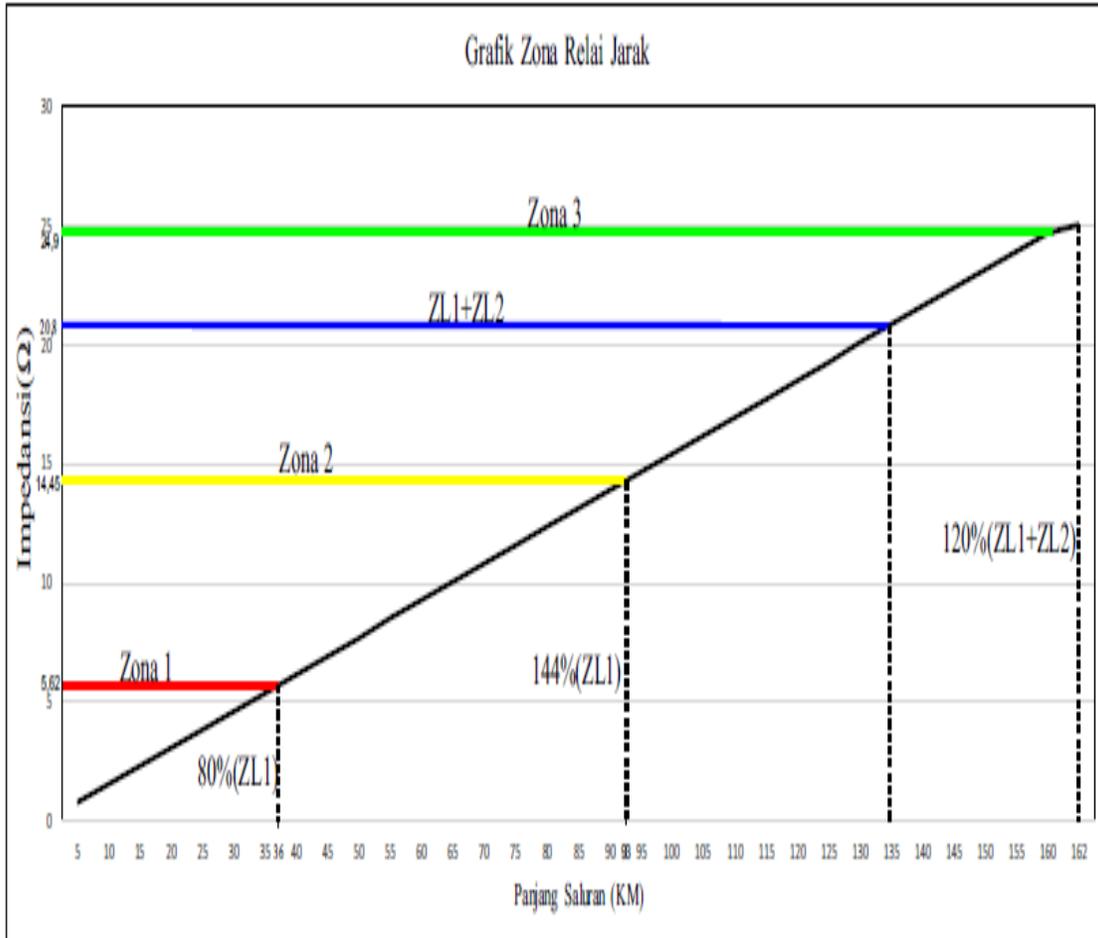
Impedansi dan jarak jangkauan pada masing-masing zona relai jarak yang telah diketahui sebelumnya dibuat dalam bentuk blok dan grafik. Gambar 4.1 merupakan blok relai jarak dibuat bertujuan untuk mengetahui jarak jangkauan relai jarak dan impedansi saluran pada setiap zona relai jarak. Penelitian ini belum dapat disimulasikan dengan *software power system* sehingga pembuatan blok relai jarak dapat dijadikan gambaran lingkup kerja yang dilakukan relai jarak dalam memproteksi gangguan yang terjadi pada saluran transmisi.



Gambar 4.1 Blok jangkauan relai jarak.

Gambar 4.2 merupakan grafik 3 zona relai jarak berguna untuk dapat membaca data impedansi saluran pada GI Kariangan-Kuaro beserta jarak jangkauan pada setiap zona relai jarak yang telah diketahui sebelumnya yang berasal dari data setiap impedansi yang dikalkulasikan

menggunakan tabel di *Microsoft excel* yang akan disertakan di lampiran. Grafik zona relai jarak dapat mengetahui kerja relai jarak ketika salah satu zona gagal mengamankan saluran yang akan diproteksi berdasarkan waktu tunda yang telah ditentukan.



Gambar 4.2 Grafik Zona relai jarak.

Grafik zona relai jarak dapat diketahui bahwa lingkup kerja zona 1 dengan blok berwarna biru muda akan bekerja dengan seketika tanpa waktu tunda apabila terjadi gangguan namun ketika zona 1 gagal menanggulangi gangguan maka zona 2 dengan waktu tunda 0,4 detik akan bekerja atau melakukan *backup* pada zona 1 serta zona 3 sebagai cadangan zona 2 apabila gagal mengamankan saluran transmisi dengan waktu tunda 0,8 detik. Zona 2 dan Zona 3 akan bekerja instantaneous apabila gangguan terjadi pada saluran transmisi yang merupakan daerah jangkauan zona tersebut.