

BAB IV

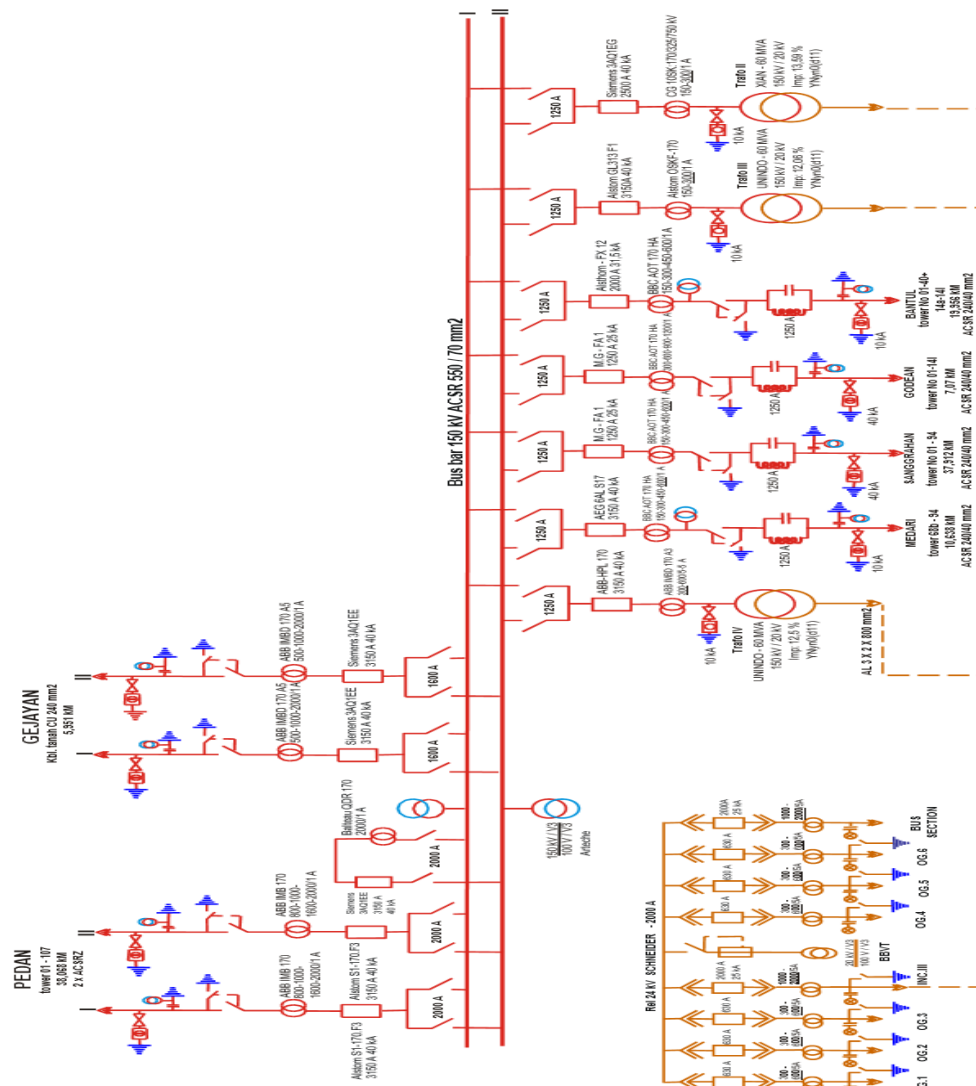
DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data yang diperoleh

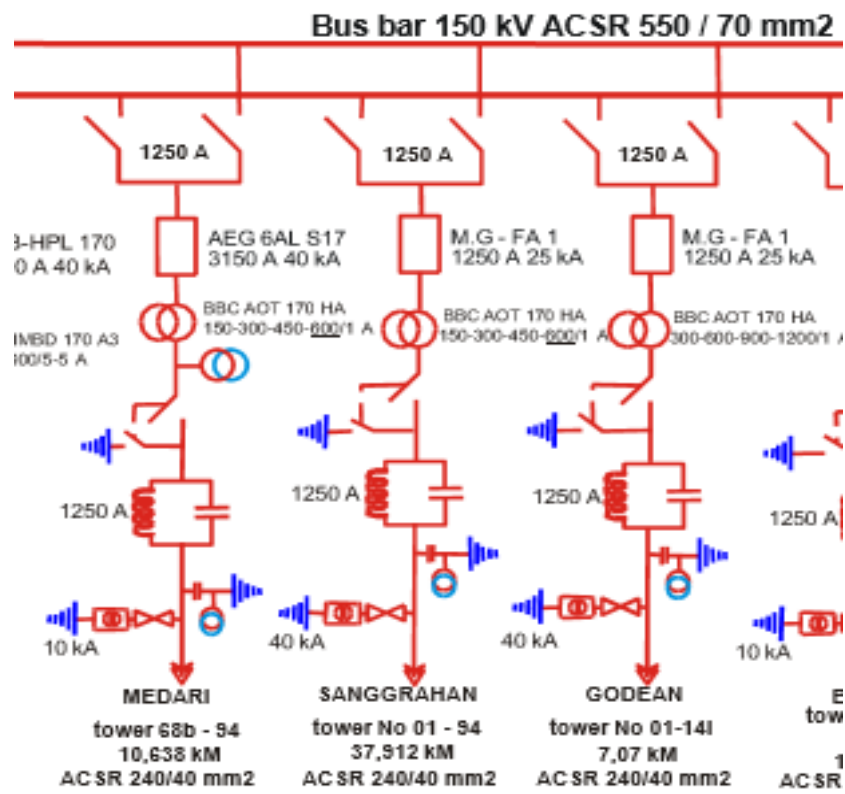
Dalam penelitian ini terdapat data yang telah di dapat di PT. PLN Persero Gardu Induk Kentungan 150 KV untuk melakukan analisa perhitungan. Data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

4.2 *Single Line Diagram* Gardu Induk Kentungan-Sanggrahan

Single Line Diagram dari Gardu Induk Kentungan adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 *Single Line Diagram* Kentungan



Gambar 4.2 *Single Line Diagram* Kentungan-Sanggrahan

4.3 Data Kabel

Dari hasil pengumpulan data, kabel yang digunakan antara Gardu Induk Kentungan dan Gardu Induk Sanggrahan adalah jenis kabel ACSR 240/40 mm². Dimana kabel tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut :

1. Area
 - Aluminium = 243 mm²
 - Besi = 39,5 mm²
 - Total = 282,5 mm²
2. Diameter keseluruhan
 - Inti = 8,04 mm
 - Total = 21,9 mm
3. *Resistivity* pada suhu 20° = 0,1188 Ω/km
4. Panjang kabel Kentungan – Sanggrahan = 37,912 km

4.4 Jenis *Relay* Jarak di Gardu Induk Kentungan-Sanggrahan

Relay yang digunakan untuk mengamankan Gardu Induk Kentungan-Sanggrahan akan dijelaskan sebagai berikut :

- Merk : Areva
- Type : Micom P442
- Rating : 110 VDC
- No seri: 31519305/10/10

4.5 Data *Setting Relay* Jarak Gardu Induk Kentungan - Sanggrahan

Data setting *relay* jarak yang terdapat pada gardu induk antara lain adalah rasio trafo yang dipakai pada masing-masing *relay*, besar nilai impedansi saluran pada tiap pembagian zona pengamanan, perhitungan nilai *setting relay* jarak.

COL	ROW	MENU TEXT	VALUES	COL	ROW	MENU TEXT	VALUES
0000		SYSTEM DATA		3000		GROUP 1 DISTANCE ELEMENT	
	0009	System Frequency	50 Hz		3001	Line Setting	-
					3002	Line Length	37,912 km
0700		CB CONTROL			3004	Line Impedance	6,363 Ω
	0707	A/R Single Pole	Enabled		3005	Line Angle	70,9 °
	0708	A/R Three Pole	Enabled		3006	Zone Setting	-
					3007	Zone Status	11010
					Z2		Enabled
0900		CONFIGURATION			Z3		Enabled
	090D	Distance Protection	Enabled		Z4		Enabled
	0910	Power Swing	Enabled		3008	kZ1 Res Comp	0.641
	0918	Supervision	Enabled		3009	kZ1 Angle	8,3 °
	0924	Internal A/R	Enabled		300A	Z1	5,090 Ω
	0928	CT & VT Ratios	Visible		300C	R1G	15.84 Ω
	092A	Disturb. Recorder	Visible		300D	R1Ph	11.88 Ω
	092B	Measure't Setup	Visible		300E	tZ1	0 s
	092E	Setting Values	Secondary		300F	kZ2 Res Comp	0.641
					3010	kZ2 Angle	8,3 °
0A00		VT AND CT RATIOS			3011	Z2	7.046 Ω
	0A01	Main VT Primary	150 kV		3012	R2G	22.63 Ω
	0A02	Main VT Secondary	100 V		3013	R2Ph	16.97 Ω
	0A07	Phase CT Primary	600 A		3014	tZ2	0.4 s
	0A08	Phase CT Sec.	1 A		3015	kZ3/4 Res Comp	0.641
	0A10	Main VT Location	Line		3016	kZ3/4 Angle	8,3 °
					3017	Z3	10.192 Ω
0D00		MEASUREMENT SETUP			3018	R3G – R4G	32.33 Ω
	0D02	Local Values	Secondary		3019	R3Ph – R4Ph	24.25 Ω
	0D07	Distance Unit	Kilometers		301A	tZ3	1.6 s
	0D08	Fault Location	Distance		301B	Z4	0.636 Ω
					301C	tZ4	1.6 s

Gambar 4.3 Data *setting relay* jarak

4.6 Perhitungan Resistansi Saluran

Untuk melakukan perhitungan *setting relay* jarak, maka terlebih dahulu menghitung nilai impedansi saluran Gardu Induk Kentungan – Gardu Induk Sanggrahan. Perhitungan impedansi saluran dilakukan dengan 2 tahap, yaitu perhitungan resistansi dan perhitungan reaktansi saluran.

4.6.1 Perhitungan Resistansi Bahan Konduktor

Untuk tahanan pada 20° C dengan konduktor ACSR 240/40 mm² dihitung pada rumus sebagai berikut :

Diketahui : Kabel yang digunakan ACSR 240/40 mm².

$$\rho_{20} = 2,83 \text{ mikro ohm cm} = 2,83 \times 10^{-11} \text{ mikro ohm kilometer}$$

$$l = 1 \text{ km}$$

$$A = 240 \text{ mm}^2 = 2,4 \times 10^{-10} \text{ km}^2.$$

$$\begin{aligned} \text{Dijawab : } R_{20} &= \rho_{20} \frac{l}{A} \\ &= 2,83 \times 10^{-11} \times \frac{1}{2,4 \times 10^{-10}} \\ &= 0,117916 \Omega/\text{km} \end{aligned}$$

Untuk konduktor pilin (*stranded conductor*) lebih dari 2 lapis maka dikalikan dengan faktor 1,02

$$\begin{aligned} R_{20} &= 1,02 \times 0,117916 \Omega/\text{km} \\ &= 0,120274 \Omega/\text{km} \end{aligned}$$

$$R_{50} = R_{20} \left[\frac{T_0 + T_2}{T_0 + T_1} \right]$$

Berdasarkan tabel 2.2 nilai α^{20} adalah $4,03 \times 10^{-3}$

$$T_0 = \left(\frac{1}{\alpha_{t1}} \right) - T_1 = \left(\frac{1}{0,00403} \right) - 20 = 228,1389575$$

$$R_{50} = 0,120274 \times \left[\frac{228,1389575 + 50}{228,1389575 + 20} \right]$$

$$R_{50} = 0,13481512 \Omega/\text{km}$$

4.7 Perhitungan Impedansi Saluran

Untuk perhitungan impedansi saluran, kami menggunakan data yang tersedia dari PLN GI Kentungan – Sanggrahan. Data yang digunakan adalah sebagai berikut :

Jenis relai	:	Distance relay			
Merek/Tipe relai	:	Alstom / Micom P442			
LOKASI	:	KENTUNGAN			
PROTEKSI	:	Sanggrahan			
L1, L2	:	37,912	,	7,667	km
L3, L4	:	41,140	,	0,000	km
Z1	:	0,1370	+j	0,3966	Ω/km
Z11	:	0,0387	+j	0,2807	Ω/km
Z12	:	0,1370	+j	0,3966	Ω/km
Z0	:	0,2870	+j	1,1898	Ω/km
CT	:	600	/	1	Ampere
PT	:	150	KV /	100	Volt

Gambar 4.1 data saluran

Diketahui : panjang saluran

$$L1 = 37,912 \text{ km}$$

$$L2 = 7,667 \text{ km}$$

$$L3 = 41,140 \text{ km}$$

$$Z_{\text{saluran}} = (0,1370 + j0,3966) \Omega/\text{km}$$

$$Z_{L1} = 37,912 \text{ km} \times (0,1370 + j0,3966) \Omega/\text{km}$$

$$= 5,193944 + j15,0358992 \Omega$$

$$= 15,90 \Omega <70,9^\circ$$

$$Z_{L2} = 7,667 \text{ km} \times (0,1370 + j0,3966) \Omega/\text{km}$$

$$= 1,050379 + j3,0407322 \Omega$$

$$= 3,217 \Omega <70,9^\circ$$

$$Z_{L3} = 41,140 \text{ km} \times (0,1370 + j0,3966) \Omega/\text{km}$$

$$= 5,63618 + j16,31612 \Omega$$

$$= 17,262 \Omega <70,9^\circ$$

4.8 Perhitungan Nilai *Setting Relay* Jarak Pada GI Kentungan-GI Sanggrahan

Perhitungan untuk zona proteksi *relay* jarak adalah sebagai berikut :

1. Zona 1

$$Z_1 = 0,8 \times Z_{L1}$$

$$Z_1 = 0,8 \times (5,193944 + j15,0358992) \Omega$$

$$= 4,1551552 + j12,02871936 \Omega$$

$$= 12,7261 \Omega < 70,9^\circ$$

$Z_{\text{sekunder relay saluran } Z_1}$

$$Z_s \text{ Relay} = \frac{600/1}{1500/1} = 0.4$$

$$Z_s \text{ Relay } Z_1 = 0.4 \times (4,1551552 + j12,02871936) \Omega$$

$$= 1,66206208 + j4,811487744 \Omega$$

$$= 5,090 \Omega < 70,9^\circ$$

2. Zona 2

$$Z_2 = 1,2 \times (Z_{L1})$$

$$Z_2 = 1,2 \times (5,193944 + j15,0358992)$$

$$= 6,2327328 + j18,04307904$$

$$= 19,08 \Omega < 70,9^\circ$$

$Z_{\text{sekunder relay saluran } Z_2}$

$$Z_s \text{ Relay} = \frac{600/1}{1500/1} = 0.4$$

$$Z_s \text{ Relay } Z_2 = 0.4 \times (6,2327328 + j18,04307904)$$

$$= 2,49309 + j7,2172316\Omega$$

$$= 7,632 \Omega < 70,9^\circ$$

3. Zona 3

$$Z_3 \text{ min} = 1,2 \times (Z_{L1} + Z_{L2})$$

$$Z_3 = 1,2 \times ((5,193944 + j15,0358992) + (1,050379 + j3,0407322))$$

$$Z_3 = 1,2 \times (6,244323 + j18,0766314) \Omega$$

$$= 7,4931876 + j21,69199577 \Omega$$

$$= 22,94 \Omega < 70,9^\circ$$

$$Z_3 \text{ max} = 0,8 (Z_{L1} + 0,8 (Z_{L2} + (0,8 \times Z_{L3})))$$

$$Z_3 = 0,8 (5,193944 + j15,0358992 \Omega + 0,8 (1,050379 + j3,0407322 + (0,8 \times 5,63618 + j16,31612 \Omega)))$$

$$= 0,8 (5,193944 + j15,0358992 \Omega + 0,8 (1,050379 + j3,0407322 + 4,508944 + j13,052896 \Omega))$$

$$= 0,8 (5,193944 + j15,0358992 \Omega + 0,8 (5,559323 + j16,0936282 \Omega))$$

$$= 0,8 (5,193944 + j15,0358992 \Omega + 4,4474584 + j12,87490256 \Omega)$$

$$= 0,8 (9,6414024 + j27,91080176 \Omega)$$

$$= 7,71312192 + j22,32864141 \Omega$$

$$= 23,623 \Omega < 70,9^\circ$$

$Z_{\text{sekunder relay saluran } Z_3}$

$$Z_s \text{ Relay} = \frac{600/1}{1500/1} = 0.4$$

$$Z_s \text{ Relay } Z_{3\text{min}} = 0.4 \times (7,4931876 + j21,69199577 \Omega)$$

$$= 2,99727504 + j8,676798308 \Omega$$

$$= 9,17 \Omega < 70,9^\circ$$

$$Z_s \text{ Relay } Z_{3\text{max}} = 0,4 (7,71312192 + j22,32864141 \Omega)$$

$$= 3,085248768 + 8,931456564 \Omega$$

$$= 9,44 \Omega < 70,9^\circ$$

Setelah melakukan perhitungan manual untuk mendapatkan nilai *setting relay* jarak pada gardu induk Kentungan-Sanggrahan maka dilakukan perbandingan antara perhitungan yang dilakukan secara manual dengan nilai *setting relay* jarak yang sudah ditetapkan oleh PLN pada GI Kentungan-Sanggrahan. Perbandingannya dapat dilihat dari tabel sebagai berikut :

Table 4.1 perbandingan setting *relay* jarak GI Kentungan-Sanggrahan

Nilai <i>setting</i> pada GI Kentungan-Sanggrahan		Hasil Nilai <i>Setting</i> perhitungan manual	
Z_1	5,090 Ω	Z_1	5,090 Ω
Z_2	7,046 Ω	Z_2	7,632 Ω
Z_3	10,192 Ω	Z_3	Min 9,17 Ω , Max 9,44 Ω

Pada tabel diatas, terdapat persamaan pada nilai *setting* zona 1, dimana zona tersebut memproteksi 80% panjang saluran. Dengan demikian, nilai tersebut sudah baik dan akurat sesuai dengan perhitungan manual. Nilai *setting* pada Zona 1 sangat penting dikarenakan pada daerah tersebut melindungi hampir seluruh panjang saluran dan merupakan proteksi yang bekerja awal dalam merespon dan menanggulangi gangguan yang terjadi. Pada zona 2 nilai *setting* terlihat hampir sama dan dapat digunakan sebagai nilai *setting*. Pada zona 3, terdapat perbedaan nilai *setting*, perbedaan tersebut sebesar 0,75 atau sekitar 75,2%. Nilai tersebut tidak terpaut jauh dan masih dapat digunakan pada GI Kentungan-Sanggrahan, namun dampak yang ditimbulkan nantinya *setting relay* yang ada menjadi tidak selektif dan cepat dalam merespon dan mendeteksi jenis gangguan, hal ini tidak menjadi masalah besar karena zona 3 digunakan sebagai proteksi cadangan apabila terjadi kegagalan proteksi pada zona 1 dan 2. Sehingga, untuk memperoleh akurasi yang lebih baik lagi, perlu dilakukan peninjauan kembali oleh pihak PLN.

4.9 Koordinasi *Setting Relay* Jarak Gardu Induk Kentungan-Sanggrahan

Dalam koordinasi *setting relay* jarak, yang diutamakan adalah nilai impedansi zona proteksi dan waktu kerja dari *relay* untuk melakukan trip bila terjadi gangguan.

Dimana penjelasannya adalah sebagai berikut :

1. Koordinasi *setting* zona 1

$$\begin{aligned} \text{Zona 1} &= 1,66206208 + j4,811487744 \Omega \\ &= 5,090 \Omega < 70,9^\circ \end{aligned}$$

Daerah proteksi pada zona 1 akan membaca impedansi gangguan dengan *setting* nilai sebesar $5,090 \Omega$. Apabila terdapat gangguan dalam daerah zona 1, *relay* jarak akan bekerja dengan membandingkan impedansi gangguan dan impedansi *setting* yang terdapat pada zona 1. Bila besar impedansi gangguan dibawah nilai $5,090 \Omega$ maka *relay* akan trip. Namun, bila impedansi gangguan lebih dari atau diatas nilai $5,090 \Omega$, maka *relay* tidak akan trip.

Waktu kerja *relay* = 0 detik atau seketika

Ketika mengalami gangguan, daerah proteksi zona 1 dapat langsung bekerja dan merasakan gangguan kemudian mengirimkan perintah trip ke *relay*. Zona 1 berperan sebagai daerah proteksi utama yang pertama kali merespon dan menanggulagi gangguan.

2. Koordinasi *setting* zona 2

$$\begin{aligned} \text{Zona 2} &= 1,930959104 + j5,589916672 \Omega \\ &= 7,632 \Omega < 70,9^\circ \end{aligned}$$

Daerah proteksi pada zona 2 akan membaca impedansi gangguan dengan *setting* nilai sebesar $7,632 \Omega$. Apabila zona 1 mengalami kegagalan proteksi, maka zona 2 akan menjadi *backup* sehingga *relay* jarak akan bekerja dengan membandingkan impedansi gangguan dan impedansi *setting* yang terdapat pada zona 2. Bila besar impedansi gangguan dibawah nilai $7,632 \Omega$ maka *relay* akan trip. Namun, bila impedansi gangguan lebih dari atau diatas nilai $7,632 \Omega$, maka *relay* tidak akan trip.

Waktu kerja *relay* = 0,4 – 0,8 detik

Ketika mengalami gangguan, daerah proteksi zona 2 akan bekerja sebagai *backup* apabila zona 1 mengalami kegagalan proteksi. Agar tidak terjadi tumpang tindih dengan pengaman sesi berikutnya, maka dilakukan perlambatan waktu sebesar 0,4 sampai dengan 0,8 detik.

3. Koordinasi *setting* zona 3

$$\begin{aligned} \text{Zona 3} &= 3,085248768 + 8,931456564 \Omega \\ &= 9,44 \Omega < 70,9^\circ \end{aligned}$$

Daerah proteksi pada zona 3 akan membaca impedansi gangguan dengan *setting* nilai sebesar $9,44 \Omega$. Apabila zona 1 dan zona 2 mengalami

kegagalan proteksi, maka zona 3 akan menjadi *backup* pengamanan berlapis selanjutnya untuk melindungi saluran sehingga *relay* jarak akan bekerja dengan membandingkan impedansi gangguan dan impedansi *setting* yang terdapat pada zona 3. Bila besar impedansi gangguan dibawah nilai $9,44 \Omega$ maka *relay* akan trip. Namun, bila impedansi gangguan lebih dari atau diatas nilai $5,944 \Omega$, maka *relay* tidak akan trip.

Waktu kerja *relay* = 1,6 detik

Ketika mengalami gangguan, daerah proteksi zona 3 akan bekerja sebagai *backup* atau pengaman cadangan apabila zona 1 dan zona 2 mengalami kegagalan proteksi. Agar tidak terjadi tumpang tindih dengan pengaman sesi lainnya, maka dilakukan perlambatan waktu lebih besar dari sebelumnya yaitu sebesar 1,6 detik.