

**SYMPHATHETIC TRIP PADA PENYULANG 20 KV DI GARDU  
INDUK AMPENAN PT. PLN (PERSERO) APDP MATARAM**  
*Symphathetic Trip On The 20 Kv Feederat The Ampenansubstation  
Pt Pln (Persero) Apdp Mataram*

I Made Dwipayana<sup>1</sup>, Supriyatna<sup>2</sup>, I Made Ari Nrartha<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Jurusan Teknik Eelektro Fakultas Teknik Universitas Mataram

**ABSTRAK**

Sistem proteksi atau pengaman ini diperlukan untuk memisahkan bagian yang mengalami gangguan dengan tidak mengalami gangguan sehingga sistem yang normal dapat menjalankan operasinya. Gangguan bisa saja terjadi meskipun sudah dilengkapi dengan alat proteksi. Salah satu gangguan yang terjadi adalah *symphathetic trip*. *Symphathetic trip* yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik menyebabkan penyulang sehat ikut terganggu karena merasakan gangguan pada penyulang terkena gangguan. Untuk meminimalkan terjadinya gangguan *symphathetic trip* tidak terulang lagi, maka diperlukan pengujian selektivitas. Langkah-langkah yang dilakukan untuk pengujian selektivitas yaitu melakukan perhitungan arus kapasitif tiap penyulang, perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah, perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah dijumlahkan arus kapasitif, perhitungan waktu kerja *relay* dan melakukan pengujian selektivitas. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa selektivitasnya terpenuhi dengan perhitungan waktu kerja *relay* untuk Interkonektor 1 dan Interkonektor 2 yaitu  $I_{set} = 80$  A,  $tms = 0,04$  dengan waktu kerja *relay* di penyulang terganggu 0,296 detik dan waktu kerja *relay* gangguan di penyulang lain -0,12 detik, Kopel C yaitu  $I_{set} = 80$  A,  $tms = 0,05$  dengan waktu kerja *relay* di penyulang terganggu 0,298 detik dan waktu kerja *relay* gangguan di penyulang lain -0,26 detik serta 3 Gili yaitu  $I_{set} = 68$  A,  $tms = 0,05$  dengan waktu kerja *relay* di penyulang terganggu 0,297 detik dan waktu kerja *relay* gangguan di penyulang lain -0,27 detik.

**Kata kunci:** Gangguan Satu Fasa ke Tanah, Penyulang, Arus Kapasitif, Simpatetik Trip

**ABSTRACT**

*Protection or security system is necessary to separate the problematic parts with undisturbed normal so that the system can run its operations. Disruption could happen though is equipped with protective devices. One disturbance is symphathetic trip. Symphathetic trip happens to the electricity distribution system led to a healthy feeder disrupted because of interference with the feeder taste disorder. To minimize the disruption symphathetic trip does not happen again, it is necessary to test the selectivity. Steps undertaken to test the selectivity ie calculating each feeder capacitive current, short circuit current calculation of the phase to ground, a short circuit current calculation phase to ground capacitive currents are summed, the calculation of working time relay and testing selectivity. The results obtained showed that the selectivity is accomplished by calculating working time relay for Interkonektor Interkonektor 1 and 2 are  $I_{set} = 80$  A,  $tms = 0.04$  by the time the relay in feeder disturbed 0.296 seconds and the relay disruptions in other feeders -0.12 second, Kopel C is  $I_{set} = 80$  A,  $tms = 0.05$  by the time the relay in feeder disturbed 0.298 seconds and the relay disruptions in other feeder 0,26 seconds and 3 Gili namely  $I_{set} = 68$  A,  $tms = 0, 05$  by the time the relay in feeder disturbed 0.297 seconds and the relay disruptions in other feeders -0.27 seconds.*

**Keywords:** *Disruption of the phase to ground, feeders, capacitive currents, symphathetic trip*

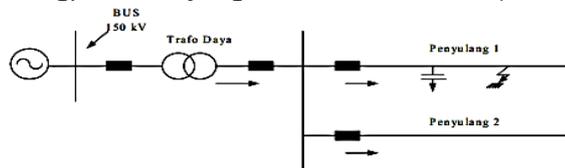
**PENDAHULUAN**

Symphathetic trip merupakan sebuah kejadian yang sering terjadi pada sebuah Gardu Induk. Dimana pemutus tenaga dari penyulang-penyulang yang sehat ikut menjadi trip, akibat dari penyulang lain yang sedang mengalami gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. Hal ini tentu merugikan para pelanggan, karena proses produksi mereka terhenti dan di pihak PLN menjadi kerugian besar karena terjadi pemadaman luas sehingga banyak tenaga listrik yang tidak terjual.

Dalam penelitian ini, menggunakan studi kasus di Gardu Induk Ampenan yang di indikasikan sebagai gangguan symphathetic trip pada Interkonektor 2, Interkonektor 1, Kopel C dan 3 Gili. Dimana penyebab masalah symphathetic trip pada penyulang dalam satu trafo tersebut disebabkan oleh imbas dari interkonektor 2 meledak pada bagian kabel bawah tanah pada jam 09.33. Hal ini yang menyebabkan relay di penyulang sehat ikut bekerja sehingga akan mengakibatkan penyulang 3 Gili, Interkonektor 1 dan Kopel C yang dalam satu busbar secara bersamaan ikut trip (bekerja).

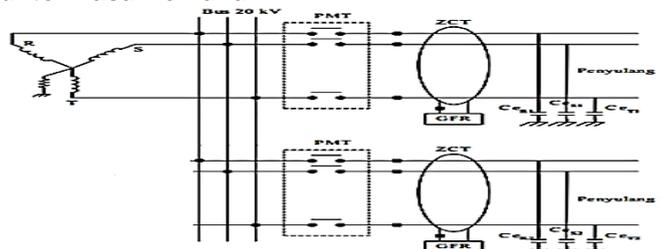
**Gangguan *Symphathetic Trip* Akibat Arus Kapasitif.**

Karena adanyakapasitansi antar konduktor fasa dan tanah pada jaringan yang ditunjukkan pada Gambar 1, maka masing-masing arus kapasitif yang tidak seimbang sewaktu terjadi gangguan satu fasa ke tanah akan mengalir kembali ke sumber melalui konduktor fasa yang terhubung pada bus yang sama di Gardu Induk (Mochammad Facta, 1997).



Gambar 1 Jaringan Distribusi GI

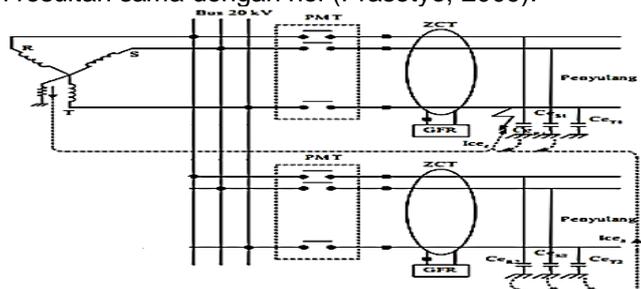
**Kapasitansi Konduktor Fasa Ke Tanah**



Gambar 2 Penyulang 20 kV Kondisi Normal

Sistem jaringan distribusi yang sehat, antara konduktor fasa dengan tanah akan mempunyai nilai kapasitif yang dianggap sama pada masing-masing fasanya, walaupun jarak antara konduktor fasa tersebut ke tanah belum tentu sama (Suhairi, 2006).

**Gangguan Satu Fasa Ke Tanah.** Terjadinya gangguan satu fasa ke tanah pada salah satu penyulang (misalkan terjadi di fasa T) menyebabkan kapasitansi konduktor fasa yang terganggu menjadi terhubung singkat, sedangkan fasa yang sehat (fasa R dan fasa S) tegangannya naik menjadi  $\sqrt{3}$  kali, sehingga arus kapasitif hanya mengalir di fasa yang sehat saja menuju ke sumber melalui titik gangguan. Arus kapasitif ini di *Zero current Transformator* (ZCT) menghasilkan resultan sama dengan nol (Prasetyo, 2009).

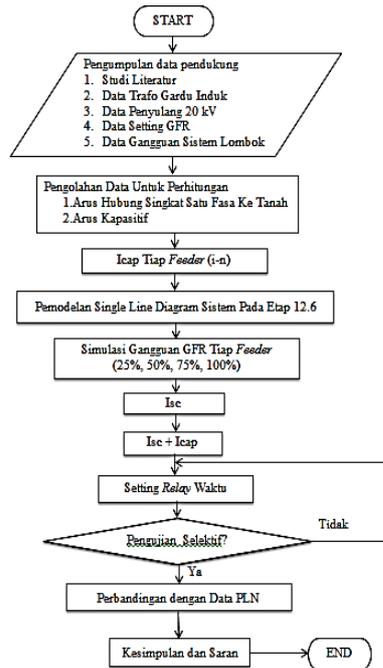


Gambar 3 Penyulang 20 kV Gangguan Satu Fasa ke Tanah



**Tempat dan Waktu Penelitian.** Penelitian akan dilakukan di PT. PLN (Persero) APDP Mataram dan pelaksanaan penelitian ini terhitung dari bulan Desember 2015 – Maret 2016.

**Alat dan Bahan.** Penelitian ini menggunakan seperangkat laptop, yaitu laptop dengan spesifikasi prosesor intel Celeron, RAM 2 GB, lengkap dengan mouse, monitor dan komponen pendukungnya. Perangkat-lunak yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *Miscrosoft Windows 8* sebagai sistem operasi, *Microsoft Office 2010*, *software ETAP v12.6* dan *power plot v2.5*. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang didapatkan dari PT. PLN (Persero) APDP Mataram.



**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Data Penelitian.** Sebagai studi kasus untuk dievaluasi diambil Gardu Induk Ampenan. Data yang harus diketahui yaitu:

a. Data Trafo Tenaga GI Ampenan

Tabel 1 Data Trafo GI Ampenan

No	Data	Nilai
1	Kapasitas Daya	30 MVA
2	Tegangan Primer	150 kV
3	Tegangan Sekunder	20 kV
4	Impedansi Trafo ( $Z_L$ )	12,396 %
5	Tahanan Pentanahan	40 $\Omega$

b. Data Setting relay EF Penyulang GI Ampenan

Tabel 2 Data Setting relay EF

Penyulang	Panjang (km)	Earth Fault		CT RATIO
		Setting $I_{0>}$ (A)	TMS/ $t_{0>}$ (s)	
Interkonektor 1	1,80	0,3	0,14	1000/5
Interkonektor 2	1,80	0,3	0,14	1000/5
Kopel C	39,91	1,0	0,12	400/5
3 Gili	67,29	1,5	0,12	200/5

a. Data Nilai Kapasitansi Kabel Tanah

Tabel 3 Data Nilai Kapasitansi

Ukuran ( $mm^2$ )	Kapasitansi $\mu F/km$	Induktansi $mH/km$
3 x 150	0,28	0,32
3 x 240	0,31	0,31
3 x 300	0,34	0,30

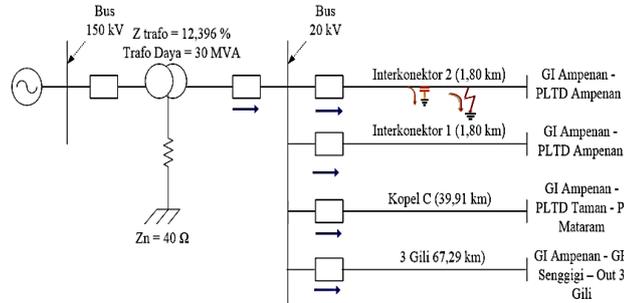
Pada studi kasus penelitian ini diambil penyulang yang terhubung dalam 1 trafo. Parameter yang sama pada setiap penyulang yaitu:

- Dipakai kabel Alumunium dengan penampang 240  $mm^2$  maka:

$$R = \frac{30}{S \text{ (mm}^2)} = \frac{30}{240} = 0,125 \text{ } \Omega/\text{km}$$

- Induktansi  $L = 0,3 \text{ mH/km} = 0,3 \times 10^{-3} \text{ H/Km}$ , maka reaktansi induktansi:  
 $X_L = j2.50.\pi.L = j2.50.\pi. 0,3 \times 10^{-3} = j0,098 \text{ } \Omega/\text{km}$

**Perhitungan Data**



Gambar 5 Gangguan ke Tanah pada GI Ampenan

1. Perhitungan Hubung Singkat Busbar 150 kV dalam MVA, Impedansi Sumber dan Reaktansi Transformator.

- a. Impedansi Sumber

$$Z_s = \frac{V^2}{S} = \frac{(20 \text{ kV})^2}{5013,57} = 0,0797 \text{ } \Omega$$

- b. Reaktansi Transformator

$$X_t = Z_t \times \frac{V^2}{S} = 12,396\% \times \frac{(20)^2}{30} = 1,6528 \text{ } \Omega$$

Karena Trafo tidak memiliki belitan delta maka reaktansi urutan nol ( $X_{t0}$ ) berkisar 9-14 kali  $X_t$ . Maka kita ambil nilai  $X_{t0} = 10 \times X_t$ . Jadi  $X_{t0} = 10 \times 1,6528 = 16,528 \text{ } \Omega$ .

2. Perhitungan Impedansi Penyulang Urutan Positif, Negatif dan Nol.

- a. Interkoneksi 1

Diketahui:

$$R = 0,125 \text{ } \Omega/\text{km} \quad \text{Panjang} = 1,80 \text{ km}$$

$$jx = 0,098 \text{ } \Omega/\text{km}$$

- 25% panjang penyulang =  $(0,25 \times 1,80) = 0,45 \text{ km}$
- 50% panjang penyulang =  $(0,5 \times 1,80) = 0,9 \text{ km}$
- 75% panjang penyulang =  $(0,75 \times 1,80) = 1,35 \text{ km}$
- 100% panjang penyulang =  $(1 \times 1,80) = 1,80 \text{ km}$

Berdasarkan data-data diatas dapat dicari impedansi urutan untuk letak gangguan 25% sebagai berikut:

- Impedansi urutan positif dan negatif ( $Z_1 = Z_2$ )

$$Z_1 = Z_2 = (0,125 + j0,098) \times (0,45) = 0,0562 + j0,0441 \text{ } \Omega$$

- Impedansi urutan nol ( $Z_0$ )

$$Z_0 = 3 \times (0,0562 + j0,0441) = 0,1686 + j0,1323 \text{ } \Omega$$

Dengan cara yang sama didapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4 Impedansi Positif, Negatif, Nol

No	Penyulang	Impedansi Urutan Positif, Negatif dan Nol							
		25%		50%		75%		100%	
1	Int 1	$Z_1 = Z_2$	$Z_0$	$Z_1 = Z_2$	$Z_0$	$Z_1 = Z_2$	$Z_0$	$Z_1 = Z_2$	$Z_0$
				$0,0562 + j0,0441$	$0,1686 + j0,1323$	$0,1125 + j0,0882$	$0,3375 + j0,2646$	$0,1687 + j0,1323$	$0,5062 + j0,3969$
2	Int 2	$Z_1 = Z_2$	$Z_0$	$Z_1 = Z_2$	$Z_0$	$Z_1 = Z_2$	$Z_0$	$Z_1 = Z_2$	$Z_0$
		$0,0562 + j0,044$	$0,1686 + j0,1323$	$0,1125 + j0,088$	$0,3375 + j0,2646$	$0,1687 + j0,1323$	$0,5062 + j0,3969$	$0,225 + j0,1764$	$0,675 + j0,5292$

3	Kopel C	25%		50%		75%		100%	
		Z <sub>1</sub> = Z <sub>2</sub>	Z <sub>0</sub>	Z <sub>1</sub> = Z <sub>2</sub>	Z <sub>0</sub>	Z <sub>1</sub> = Z <sub>2</sub>	Z <sub>0</sub>	Z <sub>1</sub> = Z <sub>2</sub>	Z <sub>0</sub>
		1,2471 + j0,9777	3,7413 + j2,933	2,4943 + j1,9555	7,4829 + j5,8665	3,7415 + j2,9333	11,224 + j8,7999	4,9887 + j3,911	14,9661 + j11,733

3. Perhitungan Arus Kapasitif

Tabel 5 Besar Kapasitansi Kabel SKTM

Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Ce (μF/km)
3 x 150	0,28
3 x 240	0,31
3 x 300	0,34

Perhitungan arus kapasitif meliputi Interkonektor 1, Interkonektor 2, Kopel C dan Penyulang 3 Gili dengan menggunakan persamaan:  $I_c = \frac{3 \cdot E_{ph}}{X_c} \cdot P$

a. Interkonektor 1

Mempunyai 1,80 km panjang kabel dengan luas penampang 3 x 300 mm<sup>2</sup> = 0,34 μF/km. Dengan mengetahui panjang kabel dan jenis kabel maka dapat dihitung :  
 $C = 1,80 \times 0,34 \mu F/km = 0,00000612 F$

Jadi,

$$X_{total\ saluran} = \frac{1}{wC} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = 5203,78 \Omega$$

$$I_c \text{ Interkonektor 1} = \frac{3 \cdot E_{ph}}{X_c} = \frac{3 \cdot 20.000 / \sqrt{3}}{5203,78} = 6,65 A$$

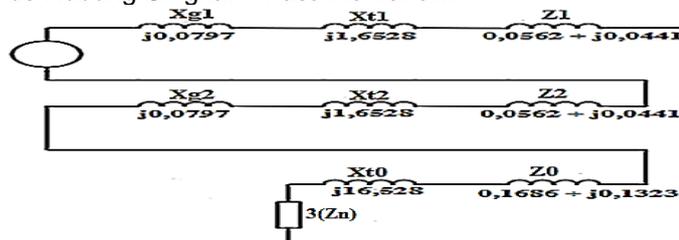
Dari semua perhitungan Arus kapasitif (Ic) keempat penyulang yaitu Interkonektor 1, Interkonektor 2, Kopel C dan 3 Gili didapat Tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6 Arus Kapasitif

No	Penyulang	X <sub>total</sub> (Ω)	I <sub>c</sub> (A)	I <sub>c</sub> p. lain (A)
1	Interkonektor 1	5203,78	6,65	42,58
2	Interkonektor 2	5203,78	6,65	42,58
3	Kopel C	1780,16	20,5	29,78
4	3 Gili	2100,73	16,4	32,75

Gangguan satu fasa ke tanah yang terjadi pada salah satu penyulang distribusi menyebabkan penyulang lain yang sehat akan menyumbang arus kapasitif ke penyulang yang terganggu tersebut melalui titik gangguan. Nilai-nilai arus kapasitif ini akan kembali ke sumber.

3. Perhitungan Arus Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah.



Gambar 6 Rangkaian Ekuivalen

$$R = 3 \cdot Z_n + R_{Z0\ 25\%} + 2 \cdot R_{Z1\ 25\%}$$

$$= (3 \times 40) + 0,1686 + (2 \times 0,0562)$$

$$= 120,281 \Omega$$

$$X = 2 \cdot X_{Sumber} + 2 \cdot X_{trafo} + X_{delta} + X_{Z0\ 25\%} + 2 \cdot X_{Z1\ 25\%}$$

$$= 2 (0,0797) + 2 (1,6528) + 16,528 + 0,1323 + 2 (0,0441)$$

$$= 20,213 \Omega$$

$$Z = \sqrt{(120,281)^2 + (20,213)^2}$$

$$= 121,968 \Omega$$

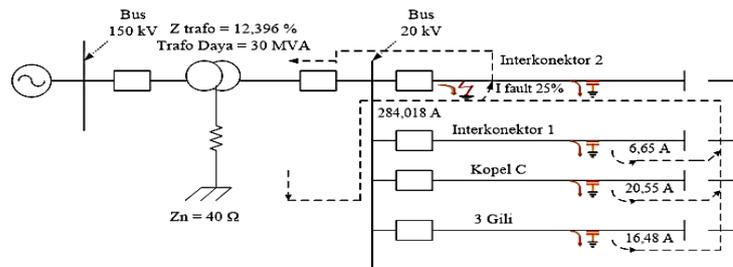
$$I_{f25\%} = \frac{3 \times E_{ph}}{Z_0 + Z_1 + Z_2} = \frac{3 \times 20.000/\sqrt{3}}{121,967} = 248,018 \text{ A}$$

Tabel 7 Nilai Arus Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah

Penyulang	Panjang (km)	Arus Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah (A)			
		25%	50%	75%	100%
Interkonektor 1	1,80	284	283	282	281
Interkonektor 2	1,80	284	283	282	281
Kopel C	39,9	269	255	242	230
3 Gili	67,2	259	237	219	203

Jika dilihat pada Tabel 7 dapat dianalisa bahwa, semakin jauh letak gangguan maka arus hubung singkat yang didapatkan akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan arus hubung singkat yang berbanding terbalik dengan  $Z_0$ ,  $Z_1$  dan  $Z_2$ .

4. Perhitungan Arus Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah + Arus Kapasitif.



Gambar 7 Diagram Segaris Arus Gangguan

Pada gambar 7 diatas gangguan terjadi di Interkonektor 2. Arus titik gangguan merupakan jumlah resultant dari arus hubung singkat dan jumlah arus kapasitif dari penyulang-penyulang yang sehat. Gangguan terjadi pada 25% panjang penyulang, maka besarnya arus titik gangguan dapat dicari dengan persamaan yang sesuai dengan analisis fasor pada Interkonektor 2 sebagai berikut:

$$I_{fault\ 25\%} = \sqrt{(I_{f25\%})^2 + (I_{C1} + I_{C3} + I_{C4})^2}$$

$$= \sqrt{(284,018)^2 + (6,65 + 20,55 + 16,48)^2}$$

$$= 287,357 \text{ A}$$

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan arus hubung singkat satu fasa ke tanah + arus kapasitif sebesar 287,357 Ampere. Dengan cara yang sama, data-data selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 9 dibawah ini.

Tabel 8 Arus Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah + Arus Kapasitif

Penyulang	Panjang (km)	Arus Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah + Arus Kapasitif (A)			
		25%	50%	75%	100%
Interkonektor 1	1,80	287	286	285	285
Interkonektor 2	1,80	287	286	285	285
Kopel C	39,91	270	256	244	232
3 Gili	67,29	261	240	221	205

Dari Tabel 8 dapat disimpulkan bahwa, semakin jauh letak gangguan maka semakin kecil arus gangguan. Hal ini dikarenakan besarnya arus gangguan tergantung pada besarnya arus hubung singkat dan arus kapasitif penyulang lain yang sehat. Karena arus kapasitif besarnya

tetap untuk semua letak gangguan baik 25%, 50%, 75% dan 100% sehingga tidak mempengaruhi sedangkan arus hubung singkat berbanding terbalik dengan letak gangguan.

5. Perhitungan Setelan Relay Penyulang

Tingkat selektivitas pengaman sebuah relay jenis *inverse time* ditentukan oleh nilai setelan arus dan waktu.

a. Setelan Arus

$$I_{set} = 35 \% \times \left( \frac{I_{sc \text{ minimum}}}{CT_{ratio}} \right)$$

$$= 35 \% \times \left( \frac{281,838}{1000/5} \right)$$

$$= 0,4 \text{ Ampere}$$

b. Setelan Waktu

$$TMS = \frac{t_{set} \times \left( \left( \frac{I_{sc}}{I_{set} \times CT_{ratio}} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0,14} \text{ detik}$$

$$= \frac{0,3 \times \left( \left( \frac{284,018}{0,49 \times 1000/5} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0,14} \text{ detik}$$

$$= 0,04 \text{ detik}$$

Dipakai  $TMS = 0,04$  detik untuk Interkonektor 2, dengan cara yang sama maka dapat dihitung setelan waktu untuk relay pada penyulang lainnya seperti Tabel 9 dibawah ini.

Tabel 9 Nilai setelan waktu relay penyulang

No	Penyulang	Isc min (A)	CT <sub>ratio</sub>	I <sub>set</sub> (A)	TMS (S)
1	Interkonektor 1	281	1000/5	0,4	0,04
2	Interkonektor 2	281	1000/5	0,4	0,04
3	Kopel C	230	400/5	1,0	0,05
4	3 Gili	203	200/5	1,7	0,05

6. Pengujian Selektivitas

Untuk pengujian selektivitas harus ada perbedaan waktu kerja penyulang yang sehat dengan penyulang yang terganggu. Sehingga tidak terjadi *symphathetic trip*. Pemeriksaan selektivitas ini dilakukan setelah selesai menghitung nilai setelan arus dan setelan waktu (TMS) dari relay gangguan tanah pada masing-masing penyulang. Waktu kerja relay penyulang yang dihitung adalah waktu kerja saat terjadi gangguan satu fasa ke tanah pada 25%, 50%, 75% dan 100% panjang saluran. Untuk contoh perhitungan diambil dari Interkonektor 2 (25% panjang penyulang).

a. Penyulang mengalami gangguan

$$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left( \left( \frac{I_{sc}}{I_{set} \times CT_{ratio}} \right)^{0,02} - 1 \right)} \text{ detik}$$

$$= \frac{0,14 \times 0,04}{\left( \left( \frac{287,357}{0,49 \times 1000/5} \right)^{0,02} - 1 \right)} \text{ detik}$$

$$= 0,296 \text{ detik}$$

b. Gangguan pada penyulang lain

$$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left( \left( \frac{I_{C1}}{I_{set} \times CT_{ratio}} \right)^{0,02} - 1 \right)} \text{ detik}$$

$$= \frac{0,14 \times 0,04}{\left( \left( \frac{6,809}{0,49 \times 1000/5} \right)^{0,02} - 1 \right)} \text{ detik}$$

$$= - 0,12 \text{ detik (tidak bekerja)}$$

Waktu kerja relay penyulang lainnya untuk lokasi 25%, 50%, 75% dan 100% panjang saluran ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 10 Waktu kerja relay penyulang

% peny	Waktu Kerja (dtk)							
	Int 1		Int 2		Kopel C		3 Gili	
	P. Int 1	P. lain	P. Int 2	P. lain	P. Kpl C	P. lain	P. 3 Gili	P. lain
25%	0,2	-0,1	0,2	-0,1	0,2	-0,2	0,2	-0,2
50%	0,2		0,2		0,3		0,3	
75%	0,2		0,2		0,3		0,3	
100%	0,2		0,2		0,3		0,3	

Pada Tabel 10 menunjukkan bahwa relay gangguan tanah pada penyulang terganggu bekerja pada saat terjadi gangguan. Sedangkan pada penyulang lain yang sehat relay tidak bekerja. Dimana

gangguan terjadi pada Interkonektor 2, maka *relay* gangguan tanah pada Interkonektor 2 bekerja. Sedangkan *relay* gangguan tanah pada 3 Gili, Kopel C dan Interkonektor 1 tidak bekerja, sehingga tidak terjadi gangguan *symphathetic trip*. Maka dapat dikatakan selektivitas terpenuhi.

7. Perbandingan dengan Data PLN

Untuk perbandingan dipakai data yang diterapkan PLN pada tabel dalam lampiran. Untuk contoh diambil Interkonektor 2 pada 25% panjang penyulang.

a. Penyulang mengalami gangguan

b. Gangguan pada penyulang lain

$$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\left(\frac{I_{SC}}{I_{set} \times CT_{ratio}}\right)^{0,02} - 1\right)} \text{ detik}$$

$$= \frac{0,14 \times 0,14}{\left(\left(\frac{287,381}{0,3 \times 1000/5}\right)^{0,02} - 1\right)} \text{ detik}$$

= 0,61 detik

$$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\left(\frac{I_{C1}}{I_{set} \times CT_{ratio}}\right)^{0,02} - 1\right)} \text{ detik}$$

$$= \frac{0,14 \times 0,14}{\left(\left(\frac{6,809}{0,3 \times 1000/5}\right)^{0,02} - 1\right)} \text{ detik}$$

= -0,46 detik

Untuk gangguan tanah yang terjadi di salah satu penyulang memberikan gambaran bahwa *symphathetic trip* dapat pula diatasi dengan menggunakan *relay* gangguan tanah dengan karakteristik waktu terbalik (*inverse time relay*). Dengan cara yang sama didapatkan hasil pada Tabel 12.

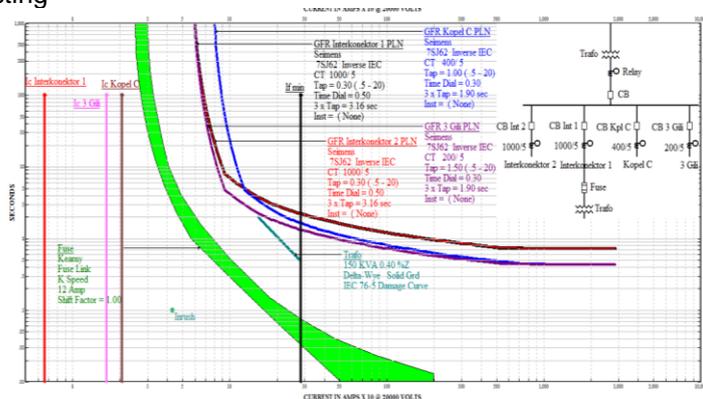
Tabel 11 Waktu kerja *relay* penyulang berdasarkan data PLN

% peny	Waktu Kerja (dtk)							
	Int 1		Int 2		Kopel C		Gili	
	P. Int 1	P. lain	P. Int 2	P. lain	P. Kpl C	P. lain	P. 3 Gili	P. lain
25%	0,6		0,6		0,6		0,5	
50%	0,6	-0,4	0,6	-0,4	0,7	-0,6	0,6	-0,6
75%	0,6		0,6		0,7		0,6	
100%	0,6		0,6		0,7		0,6	

Apabila dilihat dalam Tabel 11 gangguan *symphathetic trip* akibat arus kapasitif sudah tidak terjadi, karena perbedaan waktu kerja antara *relay* gangguan tanah di penyulang terganggu dan *relay* gangguan tanah di penyulang sehat yang menunjukkan selektivitas terpenuhi.

**Analisa Proteksi.** Analisa proteksi menggunakan bantuan *software power plot v.2.5*. Analisa ini meliputi koordinasi antara Interkonektor 2 dengan Interkonektor 1, Kopel C dan 3 Gili pada saat kondisi eksisting dan saat kondisi rekomendasi.

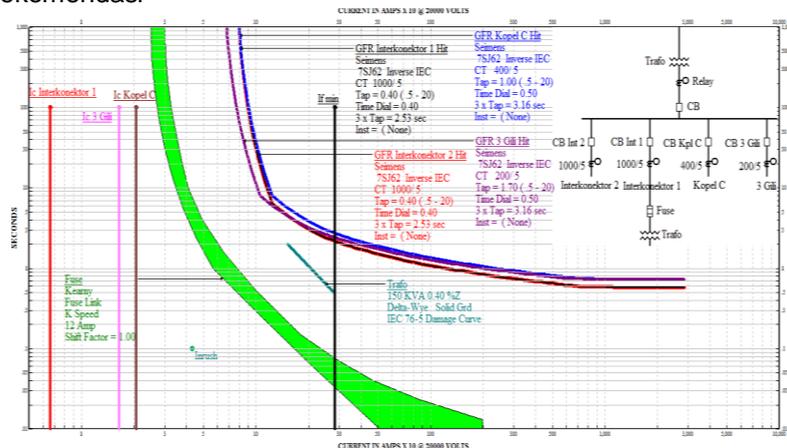
a. Kondisi Eksisting



Gambar 8 Koordinasi kondisi eksisting.

Pada gambar 8 menunjukkan bahwa gangguan *symphathetic trip* tidak terjadi lagi. Jadi, jika terjadi gangguan sebesar 284,018 Ampere maka relay dipenyulang sehat tidak akan bekerja. Hal ini GFR kondisi eksisting dapat dikatakan bahwa tingkat selektivitasnya terpenuhi.

b. Kondisi Rekomendasi



Gambar 9 Koordinasi Kondisi Rekomendasi

Pada gambar 9 menunjukkan bahwa gangguan *symphathetic trip* tidak terjadi lagi. Jadi, jika terjadi gangguan sebesar 284,018 Ampere maka *relay* dipenyulang sehat tidak akan bekerja. Hal ini GFR kondisi rekomendasi dapat dikatakan bahwa tingkat selektivitasnya terpenuhi.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

1. Penyebab *symphathetic trip* adalah adanya arus kapasitif pada masing-masing penyulang. Variabel-variabel yang mempengaruhi arus kapasitif tersebut adalah jenis kawat penghantar, kapasitansi dan panjang penyulang. Sehingga akan didapatkan hasil perhitungan arus kapasitif pada Interkonektor 1 sebesar 6,65 A, Interkonektor 2 sebesar 6,65 A, Kopel C sebesar 20,55 A dan Penyulang 3 Gili sebesar 16,48 A.
2. Arus gangguan mempengaruhi waktu kerja *relay* tiap penyulang. Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah di ujung penyulang terbesar terjadi pada Interkonektor 1 dan Interkonektor 2 sebesar 281,838 A, dengan arus *setting primer* ( $I_{set}$ ) didapatkan sebesar 80 A dan TMS didapatkan sebesar 0,04. Sedangkan arus gangguan hubung singkat di ujung penyulang terkecil terjadi pada Penyulang 3 Gili sebesar 203,182 A, dengan arus *setting primer* ( $I_{set}$ ) didapatkan sebesar 68 A dan TMS didapatkan sebesar 0,05. Hal ini dapat disimpulkan bahwa waktu kerja *relay* pada Interkonektor 1 dan 2 bekerja lebih cepat dibandingkan waktu kerja di Penyulang 3 Gili bekerja lebih lama.
3. Hasil pemeriksaan setelah *relay* yang direkomendasikan menunjukkan tingkat selektivitas *relay* dalam mencegah *symphathetic trip* dapat diandalkan (selektivitas terpenuhi). Hasil perhitungan waktu kerja *relay* yang dipengaruhi oleh arus kapasitif di gangguan penyulang lain pada Interkonektor 1 dan Interkonektor 2 didapatkan sebesar -0,12 detik, sedangkan Kopel C didapatkan sebesar -0,26 detik dan pada Penyulang 3 Gili didapatkan sebesar -0,27 detik.

**Saran**

1. Diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai panduan dalam melakukan setting *relay* GFR pada Gardu Induk Ampenan di PT. PLN (Persero) APDP Mataram.

**DAFTAR PUSTAKA**

Affandi, Irfan. 2009. *Analisa Setting Rele Arus Lebih Dan Rele Gangguan Tanah Pada Penyulang Sadewa Di GI Cawang*. Laporan Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Komari, 2003, *Proteksi Sistem Tenaga Listrik 'Filosofi, Strategi, dan Analisa Untuk Peningkatan Keandalan'*, PT. PLN (Persero) Jasa Pendidikan dan Pelatihan, Jakarta.

Mochammad Facta, ST. MT., 1997, *Evaluasi Koordinasi Relay Proteksi Pada Feeder Distribusi Terhadap Kemungkinan Gangguan Symphathetic Trip pada Gangguan Satu Saluran Ke Tanah*. Jurusan Teknik Elektro, UNDIP, Semarang.

Prasetyo, N.E., 2009, *Perhitungan Kerja Relay Karena Gangguan Symphathetic trip*, Universitas Indonesia.

Stevenson, Jr.W.D., 1993, *Analisa Sistem Tenaga Listrik*, Erlangga, Jakarta.

Suassono, 2004, *Arus Kapasitif Sebagai Penyebab Symphathetic Trip di Penyulang Tanjung dan Kediri*, Tugas Akhir Program D-2 Kerja Sama PLN dan Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram.

Suhairi, T.L., 2006, *Tinjauan Symphathetic Trip Pada Jaringan Distribusi Lombok*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram: Mataram.