

**EVALUASI KOORDINASI RELAY PROTEKSI PADA FEEDER
DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK
(GH TANJUNG AMPALU SIJUNJUNG)**

oleh
Zulkarnaini, Eko Saputra H.

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Teknologi Padang
Jln. Gajah Mada Kandis Nanggalo Padang
Telephone: (0751) 775418 / 08126782828. E-mail: zul3eva @ yahoo.co.id,

Abstrak.

Dalam setiap sistem tenaga listrik selalu digunakan sistem proteksi atau pengaman untuk mengantisipasi apabila terjadi gangguan. Sistem proteksi dan pengaman ini diperlukan untuk memisahkan bagian yang mengalami gangguan dengan yang tidak mengalami gangguan sehingga sistem dapat menjalankan operasinya.

Apabila peralatan proteksi atau pengaman memberikan respon yang salah terhadap gangguan maka terjadi tripping ikutan/palsu yaitu peristiwa yang menggambarkan kejadian ketika suatu peralatan proteksi merespon/menanggapi secara salah atau tidak diharapkan pada suatu kondisi atau keadaan sistem tenaga listrik yang sedang mengalami gangguan. Tripping ikutan ini dapat terjadi pada peralatan pengaman atau proteksi yang dihubungkan seri pada penyulang yang sama, sehingga apabila terjadi gangguan pada penyulang tersebut maka dua atau lebih peralatan pengaman pada penyulang itu akan mengalami tripping. Tripping ikutan juga dapat terjadi pada penyulang penyulang lainnya pada bus yang sama.

Hasil Penelitian ini dapat meminimalkan trip yang terjadi pada penyulang yang disebabkan oleh gangguan Tripping ikutan dengan menggunakan rele gangguan tanah inverse time pada gangguan satu saluran ke tanah dengan settingan relay incoming Sijunjung dan GH Tanjung Ampalu setting waktu relay adalah 0,9 second dan 0,6 second dan untuk penyulang (feeder) Pelangki, Muaru dan Kumanis settingan waktu adalah 0,3 detik.

Kata kunci: Proteksi, Tripping ikutan, Distribusi.

Abstrac.

The Power system Electrical always used protection system to back up harassment. Protection system need to segregate in harassment with not harassment avail to operation system.

Protection device when give response to harassment and then sympathetic tripping. Sympathetic Tripping ensue in protection device the connection with feeder the same, so that ensue harassment in feeder and then two, or more than two device protection in feeder will tripping. Sympathetic Tripping also get ensue in another feeders with bus the same

The research get minimal harassment in feeder because fault. Sympathetic Tripping with used ground fault relay characteristic inverse time on fault phase to ground. Setting ground fault relay to incoming Sijunjung and GH Tanjung Ampalu setting time are 0.9 second and 0.6 second . And to feeders Pelangki, Muaru and Kumanis setting time are 0,3 second

Key Word : Protection, Sympathetic Tripping, Distribution

1. PENDAHULUAN

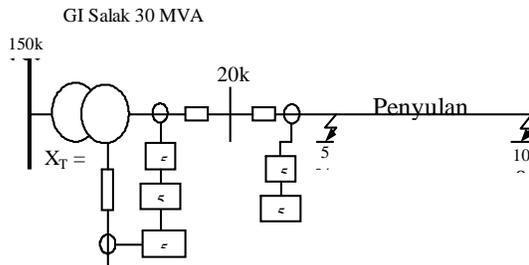
Permasalahan yang sering dijumpai pada sistem distribusi tenaga listrik antara lain pada penyulang 20KV, adalah gangguan hubung singkat, baik menggunakan kawat udara (SUTM). Jika penyetelan over current relay atau ground fault relay yang berada di incomong feeder

atau di out going feeder kurang baik, gangguan hubung singkat kadang-kadang dapat men-tripkan relay yang berada di incomming feeder sehingga menyebabkan pemadaman seluruh penyulang. Jika pada salah satu feeder terjadi hubung singkat feeder yang lain ikut trip (simpatetik trip), tentu saja hal ini diharapkan tidak terjadi dan sebaliknya jika setting

relai kurang baik pada kasus yang bertentangan dengan kasus di atas bila terjadi gangguan hubung singkat trip-nya terlambat, hal ini juga tidak boleh terjadi karena akan merusak peralatan sistem. Oleh karena itu untuk keamanan sistem distribusi yang handal pada suatu penyulang antara lain perlu untuk mendapatkan suatu nilai setting relay yang tepat (sensitif dan selektif). Pada feeder sering terjadi kasus trip PMT pada hal arus seting Relay belum terlampaui, menurut survey lapangan melalui operator lapangan. Ada beberapa kemungkinan penyebab hal ini terjadi diantaranya: perubahan karakteristik relay, perubahan impedansi saluran, perubahan karakteristik beban, reaktansi, Transformator atau akibat kurang tepat analisa arus hubung singkat saat awal setting. Pada kesempatan ini salah satu kemungkinan penyebabnya diang kat sebagai permasalahan adalah menganalisa kembali arus hubung singkat pada masing masing fee der untuk *re-setting relay*, yang lebih tepat (selektif dan sensitif). Sementara itu analisa hubung singkat yang dilakukan hanya satu phasa ke tanah untuk re-setting GFR pada GH Tanjung Ampalu Sijunjung.

1.1. Arus Gangguan Hubung Singkat

Pada sistem jaringan 20 kV yang dipasok dari suatu gardu induk seperti gambar dan data dibawah ini maka :



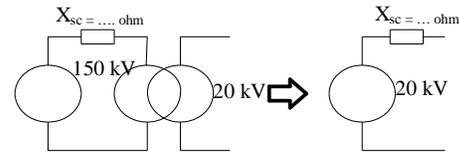
Gambar 1.1 . Jaringan 20 kV Yang di Pasok dari GI

Pada bus 150 kV adalah bus yang dipasok dari pusat yang di interkoneksi. Untuk ini diperlukan arus hubung singkat di sisi 150 kV.

Perhitungan arus hubung singkat pada sistem di atas, sebagai berikut :

1. Dihitung besar impedansi sumber (reaktansi), yang dalam al ini diperoleh dari data hubung singkat di bus 150 kV.
2. Perhitungan reaktansi trafo tenaga.

3. Perhitungan impedansi penyulang per 25%, 50%, 75% dan 100% panjang penyulang. Untuk lebih teliti perhitungan impedansi dapat per 5 persen atau 10 persen dari panjang penyulang.
4. Jadi data yang diperlukan untuk perhitungan arus hubung singkat atau koord inasi relay, adalah :
 - a. MVA_{short} circuit dibus 150 kV
 - b. Data Trafo :
 - Kapasitas trafo (MVA)
 - Reaktansi urutan positif trafo (5)
 - Ratio tegangan
 - Mempunyai belitan delta atau tidak
 - Ratio CT di incoming feeder
 - Netral grounding resi stance yang terpasang
 - c. Impedansi urutan positif dan nol penyulang
 - d. Arus beban di penyulang
 - e. Ratio CT di penyulang



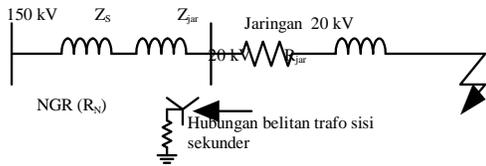
Gambar 1.2 Ekvale n Impedansi incoming dan outgoing

$$X_{scs} \text{ (sisi 20 kV)} = \frac{KV_s^2}{KV_p^2} \times X_{scp} \quad (1)$$

1.2 Impedansi Penyulang

Impedansi penyulang yang akan dihitung disini, tergantung dari besarnya impedansi per km dari penyulang yang bersangkutan, dimana besar nilainya ditentukan dari konfigurasi tiang yang dipergunakan untuk jaringan SUTM atau dari jenis kabel tanah untuk jaringan SKTM.

$Z = (R+jX)$ ohm/km dan $Z_1 = Z_2$, dengan demikian nilai impedansi penyulang untuk lokasi gangguan yang diperkirakan terjadi pada 5%, 10%, 15% s/d 100% panjang penyulang. Untuk menghitung Reaktansi Ekvale n dihitung besarnya nilai impedansi ekviale n urutan positif (Z_{1eq}), impedansi ekviale n urutan negatif (Z_{2eq}), dan impedansi ekviale n urutan Nol (Z_{0eq}) dari titik gangguan sampai kesumber.



Gambar 1.3 Ekvivalen Impedansi Penyulang

Perhitungan Z_{1eq} dan Z_{2eq} dapat langsung menjumlahkan impedansi-impedansi seperti gambar tersebut diatas, sedangkan Z_{0eq} dimulai dari titik gangguan sampai ke Transformator tenaga yang netralnya ditanahkan.

Untuk menghitung impedansi Z_{0eq} ini dimisalkan Transformator yang terpasang mempunyai hubungan **Yyd**, dimana mempunyai nilai $X_{T0} = 3 \cdot 0,8 = 2,4$ ohm. Nilai tahanan pentanahan : $3 \cdot R_N$

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{s1} + Z_{T1} + Z_{1 \text{ penyulang}} \quad (2)$$

$$\text{Perhitungan } Z_{0eq}: Z_{0eq} = Z_{T0} + 3R_N + Z_{0 \text{ penyulang}} \quad (3)$$

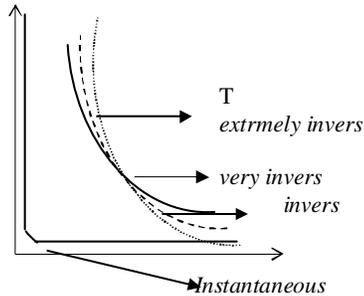
1.3 Rele Arus Lebih (*Over Current Relay*)

Rele arus lebih yaitu rele yang bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman tertentu dan jangka waktu tertentu. Fungsi utama dari rele arus lebih ini adalah untuk merasakan adanya arus lebih kemudian memberi perintah kepada pemutus beban (PMT) untuk membuka.

Pengaman dengan menggunakan rele arus lebih mempunyai beberapa keuntungan antara lain:

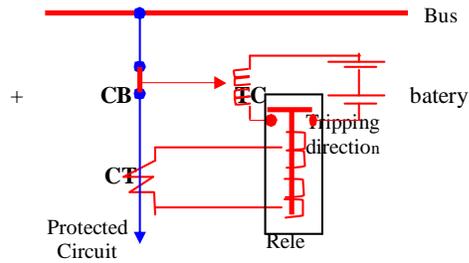
- Pengamannya sederhana
- Dapat sebagai pengaman cadangan dan pengaman utama
- Harganya relatif murah

Jenis jenis rele arus lebih ini menurut karakteristik kerjanya *inverse* dan *instantaneous* dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1.4 Karakteristik over current relay tipe invers untuk saluran distribusi

Secara umum pemakaian rele arus lebih sebagai proteksi hubungan singkat dan keadaan-keadaan tidak ri pada Titik Gangguan distribusi tenaga listrik komponennya seperti pada gambar dibawah



Gambar 1.5 Diagram satu garis perangkat proteksi OCR

Dengan piranti proteksi adalah sebagai berikut:

1. Transformatur arus (CT)
2. Circuit Breaker (CB)
3. Rele
4. Batere
5. Tripping Coil (TC)

1.4 Tms Ground Fault Relay (GFR)

Untuk mendapatkan nilai setting GFR diperlukan data dan analisa besarnya arus gangguan hubung singkat 1 Fasa ke tanah menurut persamaan:

$$I_{\text{fault 1 Fasa}} = \frac{3 E_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad (4)$$

Di mana: I = arus gangguan 1 Fasa ke tanah yang dihitung

$$V = \text{tegangan fasa-netral sistem } 20\text{kV} = 20.000 / \sqrt{3}$$

Z_1 = Impedansi Urutan Positif yang diperoleh dari perhitungan

Z_2 = Impedansi Urutan Negatif yang diperoleh dari perhitungan

Z_0 = Impedansi urutan nol yang diperoleh dari perhitungan

$$\text{Atau: } I_{\text{1 fasa ke tanah}} = 3 \cdot I_0 \quad (5)$$

Maka arus gangguan hubung singkat 1 Fsa ke Tanah dapat dihitung:

$$I_{\text{1 fasa}} = \frac{3 \cdot E_{ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq} + NGR} = \frac{3 \cdot \frac{20000}{\sqrt{3}}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq} + NGR} = \frac{34641016}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq} + NGR} \quad (6)$$

Di mana Nilai NGR adalah nilai thermal resistance of neutral grounding resistance of transformator (40) atau 12 Ohm. Perhitungan ini dilakukan untuk lokasi yang di asumsikan gangguan terjadi mulai 1%, 5%, 10%,

15%, 20%, dan seterusnya dengan kenaikan 5% sampai dengan 100% panjang jaringan.

1.5 Tms GFR pada Out Going Feeder

Untuk setting GFR diambil dari arus gangguan hubung singkat 1 Fasa ke tanah yang terkecil pada 100% panjang jaringan. Untuk mengantisipasi tahanan yang tinggi yang diakibatkan penghantar fasa bersentuhan dengan benda lain yang menimbulkan tahanan tinggi, yang akan menyebabkan arus gangguan hubung singkat menjadi kecil, maka arus setting primer dikalikan dengan konstanta 0,06 s/d 0,1, maka persamaan Iset primer menjadi

$$I \text{ set primer} = 0,1 * I_{f1} \text{ fasa terkecil}$$

Dan $I \text{ set sec} = I \text{ set primer} * 1/\text{ratio CT}$

Setting waktu relay standard Invers dihitung dengan menggunakan rumus kurva waktu Vs arus, yang dalam hal ini akan digunakan standard Britis maka:

$$Tms = \frac{(0,3) * \left(\left(\frac{I_{f1} \text{ fasa}}{I_{setpri}} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0,14} \tag{7}$$

$$t = \frac{Tms * 0,14}{\left(\left(\frac{I_{f1} \text{ fasa}}{I_{setpri}} \right)^{0,02} - 1 \right)} \tag{8}$$

1.6 Setting GFR Incoming Feeder

Untuk mendapatkan sensitivity setting relay cadangan pada Incoming maka diambil nilai konstanta yang lebih kecil dari out going feeder, disini diambil 0,07 maka:

$$I \text{ set primer} = 0,07 * I_{f1} \text{ fasa} \tag{9}$$

$$I \text{ set sec} = I \text{ set primer} * 1/\text{ratio CT} \tag{10}$$

$$Tms = \frac{(0,3 + 0,4) * \left[\left(\frac{I_{f1} \text{ fasa}}{I_{SET PRIMER}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \tag{11}$$

$$t = \frac{Tms * 0,14}{\left[\left(\frac{I_{f1} \text{ fasa}}{I_{SET PRIMER}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \tag{12}$$

2 METODELOGI

2.1 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data dilakukan dengan observasi langsung ke lapangan PT. PLN (Persero). Terhadap data yang diperoleh dilakukan pengolahan,

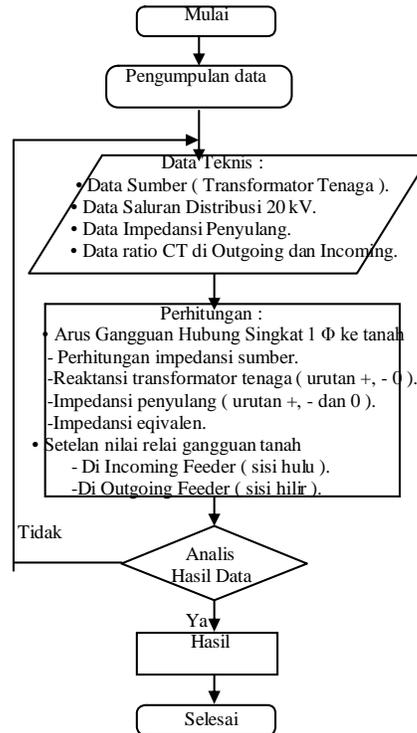
perhitungan untuk mendapatkan nilai impedansi saluran dan arus hubung singkat 1 fasa ke tanah, untuk keperluan koordinasi relai proteksinya; tidak hanya pada titik gangguan tetapi juga pada kontribusi arus dari sumber yang mengalir ke titik gangguan. Data - data yang didapat berdasarkan peralatan - peralatan yang berada pada wilayah kerja Gardu Induk Salak dan penyulang.

2.2 Metode Analisa Data

Metode analisa data adalah dengan menggunakan data - data pada Gardu Induk Salak dan penyulangnya, dengan materi kajian terdiri dari :

1. Menghitung besar impedansi sumber (reaktansi), yang dalam hal ini di peroleh dari data hubung singkat di Bus 150 kV.
2. Menghitung reaktansi trafo tenaga.
3. Menghitung impedansi pada masing - masing penyulang dan besarnya nilai impedansi ekuivalen pada masing - masing penyulang.
4. Dan melakukan perhitungan sesuai dengan koordinasi relay gangguan tanah (Ground Fault Relay)

Adapun jalannya dilakukan menurut diagram alir dibawah ini:



3. PEMBAHASAN

Dalam mengkoordinasikan kerja rele proteksi cadangan di GI Salak dan rele proteksi utama di GH Tanjung Ampalu berkaitan dengan karakteristik setelah waktu kerja OCR dan GFR diperlukan perhitungan arus hubung singkat serta kordinasi rele, maka diperlukan data-data dari sumber, trafo tegangan dan data penyulang sebagai berikut :

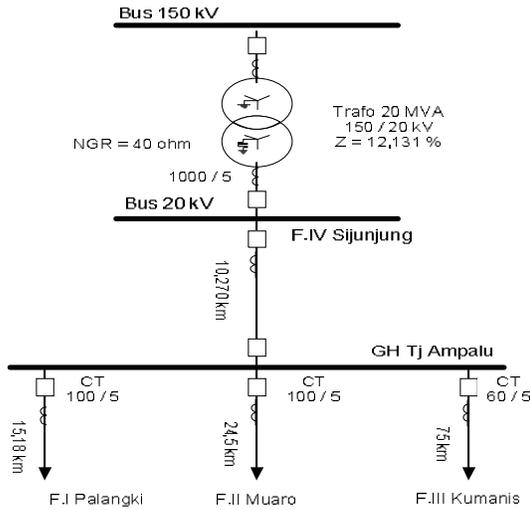
a. Data Sumber

GI Salak dengan data sebagai berikut :

- Tegangan = 20 kV
- MVA SC 3ph = 2476,633 MVA
- MVA SC 1ph = 408,718 MVA

b. Data Trafo Tenaga di Gardu Induk Salak

- Merk = PASTI
- Kapasitas = 20 MVA
- Tegangan = 150 / 20 kV
- Inominal 20 kV = 577,35
- Impedansi Trafo = 12,131 %
- Pentanahan (20 kV) = 40 Ω
- Ratio CT = 1000 / 5



Gbr 3.1 Single line diagram

Tabel 3.1 Data

Sumber			
MVA Hubung Singkat			
3 Fasa	2476.63		MVA
1 Fasa	408.72		MVA
Tegangan	20		kV
Impedansi Z1	0.00	+ j 0.1615	ohm

Z2	0.00	+ j 0.1615	ohm
Z0	0.00	+ j 2.6130	ohm

Trafo Tenaga			
Kapasitas	20		MVA
Tegangan	150 / 20		kV
Ratio C.T (20 kV)	1000 / 5		A
Impedansi Trafo	12.13		%
Z1	0.00	+ j 2.4260	ohm
Z2	0.00	+ j 2.4260	ohm
Z0	120.00	+ j 24.260	ohm
Pentanahan 20 kV	40		Ohm
I Nominal 20 kV	577.35		

Penyulang IV Sijunjung (INCOMING)			
Nama	SIJUNJUNG		
Arus Beban Maks	165		A
Jenis Kabel	AAAC		
Penampang	150		mm ²
Impedansi	(SPLN 64 : 1985)		
Z1 / km	0.2162	+ j 0.3305	Ohm
Z2 / km	0.2162	+ j 0.3305	Ohm
Z0 / km	0.3631	+ j 1.6180	Ohm
Z1 total	2.2204	+ j 3.3942	Ohm
Z2 total	2.2204	+ j 3.3942	Ohm
Z0 total	3.7290	+ j 16.6169	Ohm
Panjang Saluran (terpanjang)	10.270		km
CT Ratio	400 / 5		A

Outgoing Feeder I Palangki			
Nama	PALANGKI		
Arus Beban maks	72		A
Jenis Kabel	AAAC		
Penampang	150		mm ²
Impedansi	(SPLN 64 : 1985)		
Z1 / km	0.2162	+ j 0.3305	Ohm
Z2 / km	0.2162	+ j 0.3305	Ohm
Z0 / km	0.3631	+ j 1.6180	Ohm
Z1 total	3.2819	+ j 5.0170	Ohm
Z2 total	3.2819	+ j 5.0170	Ohm
Z0 total	5.5119	+ j 24.5612	Ohm
Panjang Saluran (terpanjang)	15.180		km
CT Ratio	100 / 5		A

Outgoing Feeder II Muaro			
Nama	MUARO		
Arus Beban maks	57	A	
Jenis Kabel	AAAC		
Penampang	150	mm ²	
Impedansi	(SPLN 64 : 1985)		
Z1 / km	0.2162	+ j	0.3305 Ohm
Z2 / km	0.2162	+ j	0.3305 Ohm
Z0 / km	0.3631	+ j	1.6180 Ohm
Z1 total	5.2969	+ j	8.0973 Ohm
Z2 total	5.2969	+ j	8.0973 Ohm
Z0 total	8.8960	+ j	39.6410 Ohm
Panjang Saluran (terpanjang)	24,5 km		
CT Ratio	100	/	5 A

Outgoing Feeder III Kumanis			
Nama	KUMANIS		
Arus Beban Maks	21	A	
Jenis Kabel	AAAC		
Penampang	70	mm ²	
Impedansi	(SPLN 64 : 1985)		
Z1 / km	0.4608	+ j	0.3572 Ohm
Z2 / km	0.4608	+ j	0.3572 Ohm
Z0 / km	0.6088	+ j	1.6447 Ohm
Z1 total	34.5600	+ j	26.7900 Ohm
Z2 total	34.5600	+ j	26.7900 Ohm
Z0 total	45.6600	+ j	123.3525 Ohm
Panjang Saluran (terpanjang)	75 km		
CT Ratio	60	/	5 A

Tabel 3.2. Arus Hubung Singkat 1 fasa ke tanah

Lokasi Gangguan	Arus Hubung Singkat 1 Fasa			
	P.Sijunjung	P.Palangki	P. Muaro	P.Kumanis
1%	278,59	247,61	247,34	244,96
5%	277,34	245,86	244,52	233,20
10%	275,77	243,68	241,03	219,74
15%	274,20	241,52	237,58	207,54
20%	272,64	239,37	234,19	196,46
25%	271,07	237,25	230,85	186,38
30%	269,51	235,14	227,56	177,19
35%	267,95	233,06	224,32	168,80
40%	266,39	230,99	221,14	161,10
45%	264,84	228,94	218,02	154,03
50%	263,29	226,92	214,95	147,52
55%	261,74	224,92	211,94	141,50
60%	260,19	222,93	208,99	135,93
65%	258,66	220,97	206,09	130,77

70%	257,12	219,03	203,25	125,96
75%	255,60	217,11	200,46	121,49
80%	254,07	215,22	197,73	117,31
85%	252,56	213,34	195,06	113,39
90%	251,05	211,49	192,43	109,72
95%	249,55	209,66	189,87	106,28
100%	248,05	207,85	187,35	103,04

Setting relai OCR dan GFR kondisi Existing.

Incoming

SIJUNJUNG (CT : 400/5)					
Inverse					
I _b	400	A	I _o	:	50 A
Tms	0.2		Tms	:	0.2
I _{b>}	3200	A	I _{o>}	:	400 A
t _b	0.91	A	t _o	:	0.9 A
INCOMING GH TJ AMPALU (CT : 300/5)					
Inverse					
I _b	210	A	I _o	:	30 A
Tms	0.05		Tms	:	0.05
I _{b>}	1200	A	I _{o>}	:	60 A
t _b	0.16	A	t _o	:	0.3 A

Out going

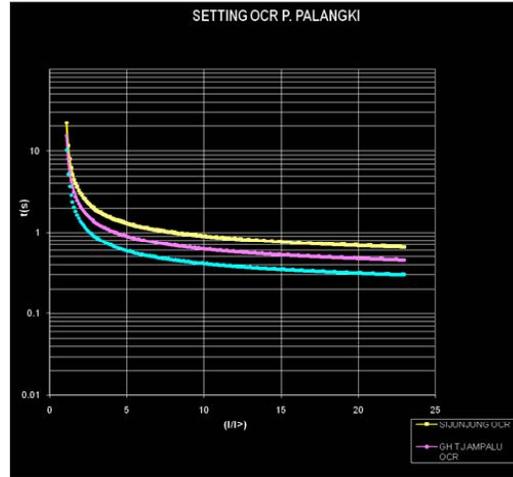
PALANGKI (CT : 100/5)					
Inverse					
I _b	90	A	I _o	:	10 A
Tms	0.05		Tms	:	0.05
I _{b>}	135	A	I _{o>}	:	10 A
t _b	0.11	A	t _o	:	0.11 A
MUARO					
Inverse					
I _b	80	A	I _o	:	10 A
Tms	0.05		Tms	:	0.05
I _{b>}	160	A	I _{o>}	:	20 A
t _b	0.11	A	t _o	:	0.12 A
KUMANIS (CT : 60/5)					
Inverse					
I _b	36.0	A	I _o	:	6 A
Tms	0.05		Tms	:	0.05
I _{b>}	54	A	I _{o>}	:	9 A
t _b	0.09	A	t _o	:	0.12 A

Setting relai OCR dan GFR kondisi evaluasi.

Incoming

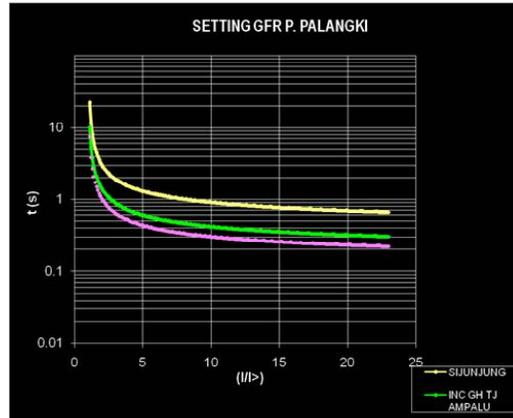
SIJUNJUNG (CT : 400/5)					
Inverse					
I_b	182	A	I_{o_b}	:	25 A
Tms	0.3		Tms	:	0.3
$I_{b>}$	1600	A	$I_{o_{b>}}$:	200 A
t_b	0.9	sec	t_{o_b}	:	0.9 sec

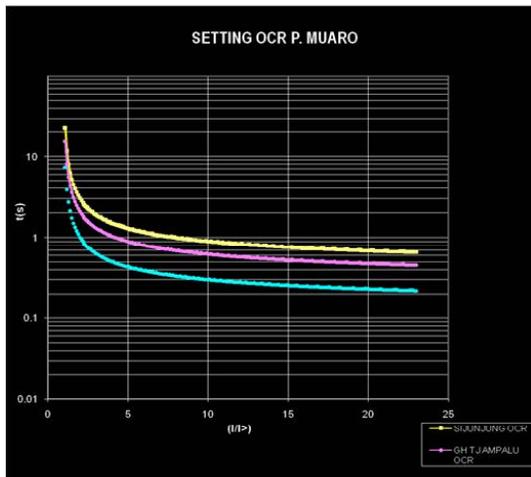
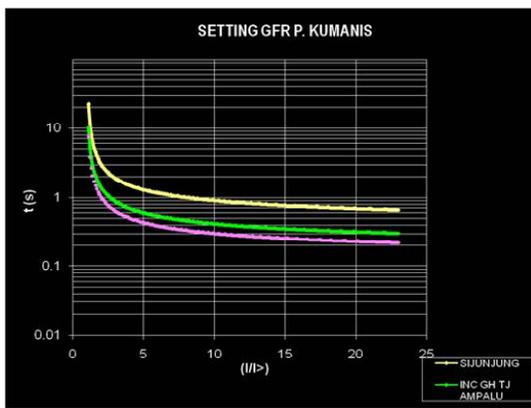
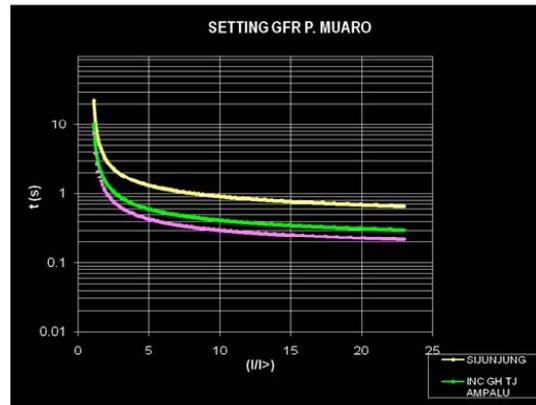
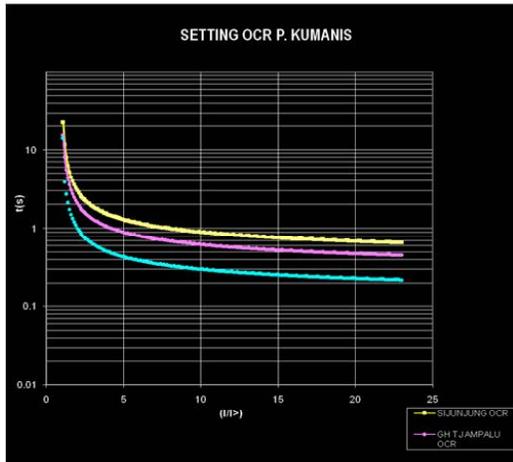
INCOMING GH TJ AMPALU (CT : 300/5)					
Inverse					
I_b	165	A	I_{o_b}	:	21 A
Tms	0.21		Tms	:	0.14
$I_{b>}$	1200	A	$I_{o_{b>}}$:	125 A
t_b	0.6	sec	t_{o_b}	:	0.6 sec



Out Going.

PALANGKI (CT : 100/5)						
Inverse						
I_b	:	79	A	I_{o_b}	:	21 A
Tms	:	0.14		Tms	:	0.10
$I_{b>}$:	317	A	$I_{o_{b>}}$:	83 A
t_b	:	0.3	sec	t_{o_b}	:	0.3 sec
MUARO						
Inverse						
I_b	:	63	A	I_{o_b}	:	19 A
Tms	:	0.15		Tms	:	0.10
$I_{b>}$:	252	A	$I_{o_{b>}}$:	76 A
t_b	:	0.3	sec	t_{o_b}	:	0.3 sec
KUMANIS (CT : 60/5)						
Inverse						
I_b	:	23	A	I_{o_b}	:	10 A
Tms	:	0.19		Tms	:	0.10
$I_{b>}$:	92	A	$I_{o_{b>}}$:	41 A
t_b	:	0.3	sec	t_{o_b}	:	0.3 sec





4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut

1. Salah satu yang menyebabkan tripnya incoming karena adanya arus kapasitif pada masing-masing penyulang (feeder) maka perlunya setingan arus dan waktu pada masing-masing relay
2. Pada incoming Sijunjung dan GH Tanjung Ampalu seting waktu relay adalah 0,9 second dan 0,6 second , ditunjukkan bahwa relay gangguan tanah sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya arus gangguan hubung singkat
3. Untuk penyulang (feeder) Pelangki, Muaro dan Kumanis setingan waktu adalah 0,3 detik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- 1.Armando Guzman, *Senior Member, IEEE*, Stanley Zocholl, Gabriel Benmouyal, *Mamber. IEEE*, and Hector J. Altuve,*Senior Member ,IEEE*, 2002, “**A Current-Based Solution for Transformer Differential Protection: Relay Deskription and Evaluation**”, IEEE Transaction on Power Delevery, Vol 17 No 4 October 2002.
- 2.Djiteng Marsudi, 1990, “**Operasi Sistem Tenaga Listrik**,” Institut Sains dan Teknologi Nasional Jakarta.
- 3.GEC Measurements, 1975, “**Protektive relays application guide**,” p.l.c of England.

4. GUPTA J.B., 1996, “**Switchgear and Protection,**” (advanced Power Systems) Printed in India.
5. Jemjem Kurnain, Syofvi Felienty, 2001. “**Proteksi Sistem Tenaga Listrik Jawa Bali**”, *Materi Kursus Sistem Proteksi Jawa Bali* Jakarta, PT. PLN
6. Lokakarya Bidang Proteksi UDIKLAT, Semarang. **PT. PLN Kantor Pusat Direktorat Pengusahaan Kerjasama dengan PT. PLN (Persero) PUSDIKLAT, 1995.**
7. Luces.M Faulkenberry, Walter C offer, 1996. “**Electrical Power Distribution and Transmision**”, Prentice-Hall, Inc.
8. Pribadi Kadarisman, Wahyudi Sarimun.N, 2005. “**Proteksi Sistem Distribusi Untuk sistem Interkoneksi,**” PT. PLN
9. Roger C. Dugan, Mark F. McGragan, H. Wayne Beaty, 1996, “**Electrical Power System Quality,**” The McGraw-Hill Companies..
10. Soekarto, J. **Proteksi Sistem Distribusi Tegangan Menengah.** *LMK PT. PLN (Persero).*
11. Turan Gonen, 1998, “**Modern Power System Analysis,**” copyright John Wiley & Sons, Printed in the US
12. William D. Stevenson, Jr. 1993 “**Analisa Sistem Tenaga Listrik** edisi ke-empat,” Erlangga, Jakarta.
13. Zulkarnaini, Al, ” **Analisa setting Grund Fout Relai (GFR) untuk gangguan satu fasa ketanah pada Feeder 20 kV** jurnal unila 2009