

# EVALUASI *SETTING RELAY* ARUS LEBIH DAN *SETTING RELAY* GANGGUAN TANAH PADA GARDU INDUK SRONDOL

Prayoga Setiajie<sup>\*)</sup>, Juningtyastuti, and Susatyo Handoko

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>Email : prayoga616@gmail.com

## Abstrak

Jaringan tegangan menengah adalah salah satu pendistribusian tenaga listrik dari pembangkit menuju konsumen. Tegangan akan di bagi pada tiap penyulang untuk pendistribusiannya. Semakin besarnya tingkat kebutuhan konsumen, PLN di tuntut untuk menambah penyulang baru. Pendistribusian tenaga listrik membutuhkan keandalan dalam menjaga peralatan penyaluran dari gangguan diantaranya gangguan hubung singkat. Oleh karena itu untuk meminimalisir gangguan tersebut diperlukan sistem proteksi yang memenuhi persyaratan sensitifitas, keandalan, selektifitas dan kecepatan, yang semuanya tergantung pada ketepatan dalam *setting* peralatan proteksinya. Salah satu peralatan proteksi yang di gunakan dalam jaringan tegangan menengah adalah *relay* arus lebih (OCR) dan *relay* hubung tanah (GFR). Pada penulisan tugas akhir ini akan dibahas evaluasi antara *setting* OCR dan GFR sebelum dan sesudah penambahan SRL 06 pada Gardu Induk Sronol. Hasil perbandingan antara perhitungan dan data terpasang pada Gardu Induk Sronol mendekati sama. Hasil perhitungan dari *setting* OCR pada sisi *incoming* di dapat nilai TMS = 0,258. Sedangkan *setting* OCR pada sisi *outgoing* didapat nilai TMS = 0,224. Penyetelan GFR pada sisi *incoming* di dapat nilai TMS = 0,423. Sedangkan *setting* GFR pada sisi *outgoing* didapat nilai TMS = 0,287 . Ini menunjukkan bahwa *setting* yang terpasang pada Gardu Induk Sronol masih dalam kondisi baik.

*Kata kunci* : *setting* OCR ,*setting* GFR, proteksi, hubung singkat

## Abstract

Medium voltage network is one of the distribution of electricity from generators to the consumer. The voltage will be separated to each feeder for its distribution. If the rate of consumer needs is higher, PLN demanded to add new feeder. Electric power distribution requires reliability in maintaining the distribution equipment from fault, including short circuit. So, to minimize the fault, protection system that meets the requirements of sensitivity, reliability, selectivity and speed, which is all depends on the precision in *setting* protection equipment. One of the protective devices that used in medium voltage network is an over current *relay* (OCR) and ground fault *relay*(GFR). This research discusses evaluation between the OCR and GFR *setting*, in condition before and after the addition of SRL 06 at the Sronol substation. The comparison result between calculation and attached data in Sronol substation almost same. The calculation from OCR *setting* in *incoming* side acquired TMS = 0,258. Meanwhile the OCR *setting* in *outgoing* side acquired TMS = 0,224. GFR *setting* in *incoming* side acquired TMS 0,423. Meanwhile GFR *setting* in *outgoing* side acquired TMS = 0,287. This result showed that attached *setting* in Sronol Substation still considered in good condition.

*Keywords*: OCR settings, setting GFR, protection, short circuit

## 1. Pendahuluan

Sistem distribusi adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan listrik ke konsumen. Sistem distribusi terdiri dari jaringan tegangan menengah (JTM) dan jaringan tegangan rendah (JTR). Jaringan tegangan menengah dan jaringan tegangan rendah umumnya beroperasi secara radial.

Dengan meningkatnya beban yang sejalan dengan pertumbuhan penduduk, dapat berakibat terjadinya persentasi kenaikan gangguan. Salah satu gangguan yang sering terjadi adalah gan

Gangguan hubung singkat antar fasa atau gangguan fasa tanah. Besarnya arus gangguan hubung singkat yang dapat terjadi di dalam sistem distribusi, sistem proteksi di tuntut meningkatkan keandalannya. Salah satu upaya

adalah mengoptimalkan kerja *relay* untuk mendapat keandalan yang baik.

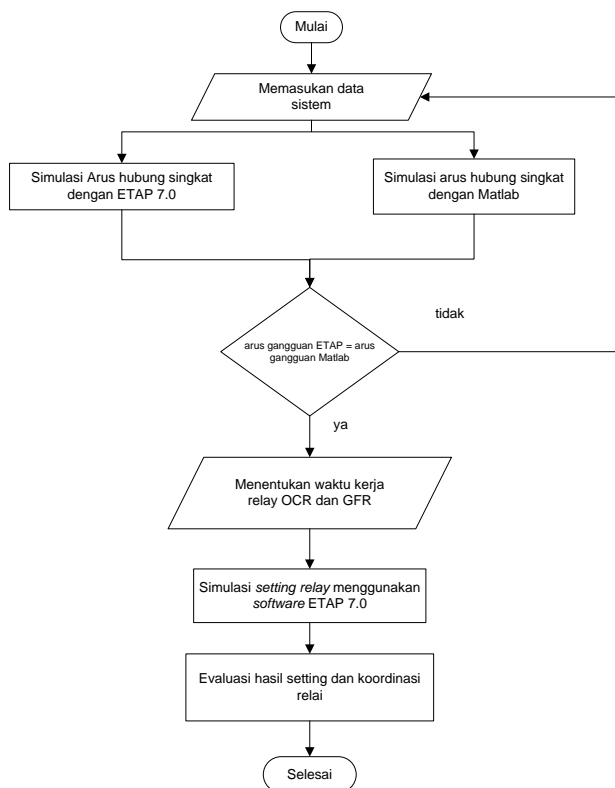
Koordinasi antar *relay* juga menentukan keandalan suatu proteksi, salah satu koordinasi yang harus di jaga adalah koordinasi antara *relay* arus lebih dan *relay* gangguan tanah.

Penelitian akan dilakukan dengan menghitung dan mengevaluasi *setting relay* yang ada pada penyulang SRL 01 dan SRL 02 sehubungan dengan penambahan feeder SRL 06 pada Gardu Induk Spondol. Pemodelan dilakukan dengan diagram satu garis yang ada di Gardu Induk Spondol dengan menggunakan bantuan program ETAP 7.0.0 dan Matlab 2009a.

## 2. Metode

### 2.1 Langkah Penelitian

Pada tugas akhir ini terdapat beberapa metode yang di terapkan sebagai dasar metodologi penelitian dalam melakukan penelitian tugas akhir. Metode penelitian dalam penelitian tugas akhir ini dapat di lihat pada gambar 1.

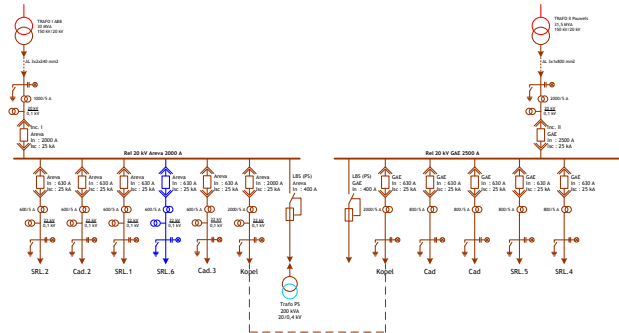


Gambar 1. Metode penelitian analisis evaluasi *Setting relay* menggunakan simulasi program ETAP dan Matlab

### 2.2 Data Sistem

Di Gardu Induk Spondol, terdapat 2 trafo tenaga dengan tegangan 150/20 kV. Yang di mana masing masing trafo

berkapasitas 30 MVA dan 31.5 MVA. Karena trafo 30 MVA memasok 2 penyulang dan akan di tambah 1 penyulang baru.



Gambar 2 Bentuk diagram satu garis di Gardu Induk Spondol

Adapun data data yang di perlukan untuk analisis ini adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Data Trafo Tenaga

Data Trafo Tenaga	
Merk	= ABB
Tipe	= SDOR30000.170
Daya	= 30 MVA
Arus HS	= 2134.27 MVA
Tegangan	= 150 / 20 KV
impedanZ %	= 12.67 %
Rasio CT	= 2000 / 5
Vektor Grup	= YNyn0

Tabel 2 Data OCR dan GFR pada *Incoming* Trafo 30MVA gardu induk Spondol

Data Trafo OCR & GFR	
merk	AREVA
type	MICOM P122
karakteristik	Standart invers
I nominal	5A
Rasio CT	1000/1
TMS OCR	0.25
TMS GFR	0.40

Tabel 3 Data OCR dan GFR pada *outgoing* Trafo 30MVA gardu induk Spondol

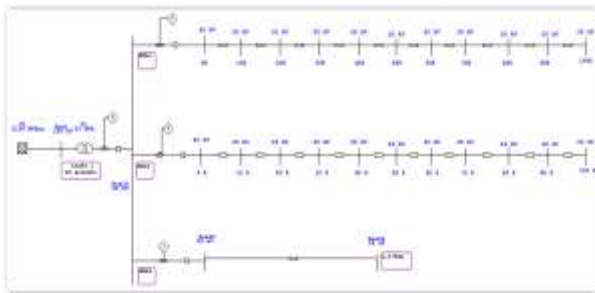
	Data Penyulang SRL 01	Data Penyulang SRL 02
Jarak penyulang	5.632 km	4.854 km
Jenis kabel	AAAC 240mm2 Relay SRL01	AAAC 240mm2 Relay SRL 02
merk	AREVA	AREVA
type	MICOM P122	MICOM P122
karakteristik	Standart invers	Standart invers
I nominal	5A	5A
Rasio CT	600/5	600/5
TMS OCR	0.18	0.18
TMS GFR	0.25	0.25

Tabel 4 Data Teknis Kabel AAAC mm<sup>2</sup>

KabelA3C	Data per Km (ohm)	
	R	jX
Z1/Km (240 mm <sup>2</sup> )	0.1344	0.3158
Z0/Km (150mm <sup>2</sup> )	0.3441	1.618

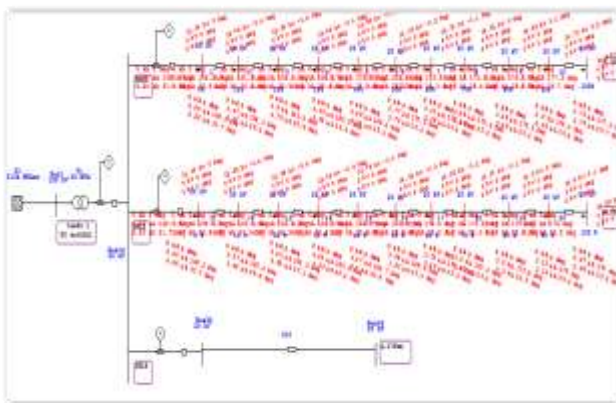
2.3 Pengoperasian Program ETAP

Program simulasi arus gangguan dan evaluasi setting proteksi di buat dengan menggunakan perangkat lunak ETAP 7.0



Gambar 3 Single line diagram SRL 01 dan SRL 02 GI Sronдол pada simulasi ETAP 7.0

Pada simulasi yang tunjukan gambar 3, jarak tiap hubung singkat yang di hitung pada ETAP yaitu jarak 0% , 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% hingga 100 %.Simulasi hubung singkat di lakukan dengan menggunakan simulasi jaringan seperti gambar 2.3. dengan memilih “short-circuit analysis” pada program ETAP 7.0. Selanjutnya memilih menu “Unbalance Load Flow” dan kemudian memilih pilihan “run”, maka arus hubung singkat akan langsung di simulasikan. Berikut Screenshoot simulasi aliran daya pada ETAP 7.0



Gambar 4 Simulasi aliran daya ETAP SRL 01 dan SRL 02 GI Sronдол

Setelah simulasi arus hubung singkat yang di tampilkan pada gambar 4 di lakukan, melihat arus hubung singkat yang terjadi pada simulasi ETAP dilihat pada report

manager. Pemilihan report manager di pilih “ANSI Unbalance SC Manager” lalu “Complate”..

2.4 Simulasi Hubung Singkat dengan Matlab

Program matlab dalam tugas akhir ini hanya di gunakan untuk simulasi arus hubung singkat. Pada simulasi hubung singkat menggunakan matlab, di butuhkan nilai jaringan atau hasil report ETAP 7.0 bagian “branch connection” untuk pengoperasian program pada Matlab 2009a. Berikut tabel data impedansi hasil ETAP 7.0

Tabel 5 Input nilai impedansi penyulang SRL 01 urutan positif ,negatif dan nol

Bus awal	Bus akhir	urutan positif negatif		urutan nol	
		r	x	r	x
0	1	0	0.04685	0	0.04685
1	2	0	0.42233	0	0.42233
2	3	0.01892	0.04446	0.048449	0.22781
3	4	0.01892	0.04446	0.048449	0.22781
4	5	0.01892	0.04446	0.048449	0.22781
5	6	0.01892	0.04446	0.048449	0.22781
6	7	0.01892	0.04446	0.048449	0.22781
7	8	0.01892	0.04446	0.048449	0.22781
8	9	0.01892	0.04446	0.048449	0.22781
9	10	0.01892	0.04446	0.048449	0.22781
10	11	0.01892	0.04446	0.048449	0.22781
11	12	0.01892	0.04446	0.048449	0.22781

Tabel 6 Input nilai impedansi penyulang SRL 02 urutan positif ,negatif dan nol

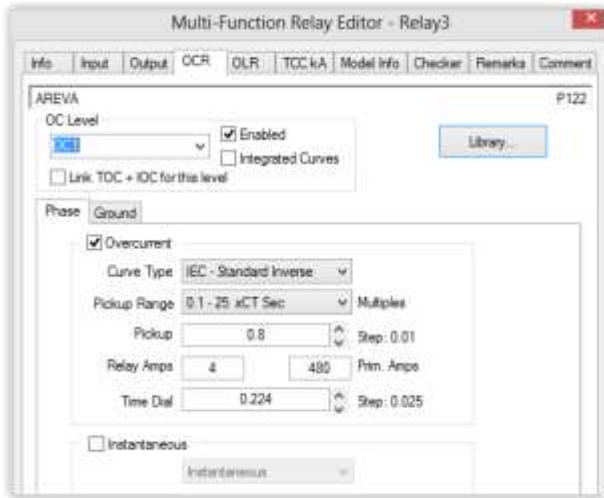
bus awal	bus akhir	urutan positif negatif		urutan nol	
		r	X	r	x
0	1	0	0.046854	0	0.04685
1	2	0	0.422333	0	0.42233
2	3	0.016309	0.038322	0.04175	0.19634
3	4	0.016309	0.038322	0.04175	0.19634
4	5	0.016309	0.038322	0.04175	0.19634
5	6	0.016309	0.038322	0.04175	0.19634
6	7	0.016309	0.038322	0.04175	0.19634
7	8	0.016309	0.038322	0.04175	0.19634
8	9	0.016309	0.038322	0.04175	0.19634
9	10	0.016309	0.038322	0.04175	0.19634
10	11	0.016309	0.038322	0.04175	0.19634
11	12	0.016309	0.038322	0.04175	0.1963

Setelah data pada tabel 5 untuk penyulang SRL 01 dan tabel 6 untuk penyulang SRL 02 di inputkan dalam program matlab, source code yang di gunakan untuk menghitung arus hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, 2 fasa ke tanah, 1 fasa ke tanah dalam program matlab pengantar buku Hadi Saadat

2.5 Simulasi Relay Pada ETAP

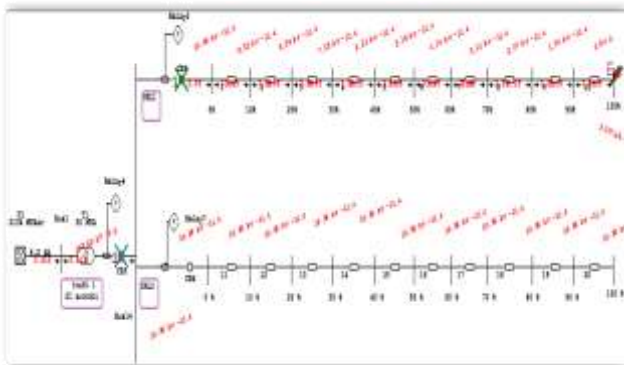
Mengacu pada gambar report arus hubung singkat penyulang SRL 01 dan SRL 02, Nilai tersebut di gunakan sebagai dasar perhitungan untuk melakukan setting relay.

Untuk simulasi *setting* dan kurva kerja *relay*, kita harus menginput nilai tms hasil perhitungan ke dalam ETAP 7.0. Berikut gambar input nilai untuk melakukan *setting relay* :



Gambar 5 Memasukan nilai TMS pada ETAP 7.0

Dari program ETAP 7.0 kita dapat memvisualisasikan koordinasi dengan memilih menu “*star – protective device coordination*” lalu “*Fault insertion*” dan memilih bus yang akan di berikan gangguan hubung singkat. Berikut hasil dari koordinasi kerja *relay* pada ETAP 7.0



Gambar 6 Koordinasi *relay incoming* dan *outgoing* saat terjadi gangguan 3 fasa dalam ETAP 7.0

### 3. Hasil dan analisa

#### 3.1 perhitungan arus hubung singkat

Menghitung impedansi sumber

$$X_s = \frac{kV \text{ (sisi primer trafo)}^2}{MVA \text{ hubung singkat sisi primer}} = \frac{150^2}{2134.27} = 0.187 \text{ j ohm}$$

Menghitung reaktansi trafo

$$X_t = \frac{kV^2}{MVA \text{ trafo}} * \% \text{trafo} = \frac{20^2}{30} * 12.67\% = 1.689 \text{ j ohm}$$

Menghitung arus base dan z base

$$I_{base} = \frac{MVA}{\sqrt{3} * V_{base}} = \frac{100}{\sqrt{3} * 20} = 2.887 \text{ kA}$$

$$Z_{base} = \frac{V_{base} / \sqrt{3}}{I_{base}} = \frac{20 / \sqrt{3}}{2.887 \text{ kA}} = 4 \text{ ohm}$$

Sehingga didapat nilai R dan X dalam per unit (pu) 10%  
 $Z_{eq} = R + X + X_s + X_t = 0,07569 + 0,19379 i + 0,187 i + 1.698 i = 0.7569 + 2.0737 i$

$$R_{pu} = \frac{R}{Z_{base}} = \frac{0.0757}{4} = 0.0189 \text{ pu}$$

$$X_{pu} = \frac{X}{Z_{base}} = \frac{2.0737}{4} = 0.5137 \text{ pu}$$

Contoh perhitungan arus hubung singkat:

Rumus gangguan hubung singkat 3 fasa

$$I_{3 \text{ fasa}} \text{ (pu)} = \frac{V_{ps}}{Z_{1 \text{ eq}} + Z_{2 \text{ eq}}} = \frac{E_a}{Z_{1 \text{ eq}} + Z_{2 \text{ eq}}} = \frac{1}{\sqrt{(0^2 + 0.4692^2)}} = 2.1313 \text{ pu}$$

$$I_{3 \text{ fasa}} \text{ (A)} = I_{3 \text{ fasa}} \text{ (pu)} * I_{base} = 2.1313 * 2.887 \text{ kA} = 6154.1 \text{ A}$$

Rumus arus gangguan hubung singkat 2 fasa

$$I_{2 \text{ fasa}} \text{ (pu)} = \frac{V_{ph-ph}}{Z_{1 \text{ eq}} + Z_{2 \text{ eq}}} = \frac{E_a}{Z_{1 \text{ eq}} + Z_{2 \text{ eq}}} * \frac{\sqrt{3}}{2} * I_{hs \ 3 \text{ fasa}}$$

$$= \frac{\sqrt{3} * 1}{2 * \sqrt{(0^2 + 0.4692^2)}} = 1.8458 \text{ pu}$$

$$I_{2 \text{ fasa}} \text{ (A)} = I_{2 \text{ fasa}} \text{ (pu)} * I_{base} = 1.8458 * 2.887 \text{ kA} = 5328.8 \text{ A}$$

Rumus arus gangguan hubung singkat 2 fasa tanah

$$I_{a1} = \frac{E_a}{Z_{1 \text{ eq}} + \frac{Z_{2 \text{ eq}} * Z_0}{Z_{2 \text{ eq}} + Z_0}} = \frac{1}{0.4692 \angle 90 + \frac{0.4692 \angle 90 * 0.4692 \angle 90}{0.4692 \angle 90 + 0.4692 \angle 90}} = 1.4208 \angle -90$$

$$I_{a0} = -\left(\frac{E_a - Z_1 * I_{a1}}{Z_0}\right) = -\left(\frac{1 - (0.4692 \angle 90 * 1.4208 \angle -90)}{0.4692 \angle 90}\right) = 0.7104 \text{ pu}$$

$$I_{2 \text{ fasa tanah}} \text{ (pu)} = 3 * I_{a0} = 3 * 0.7104 = 2.1313 \text{ pu}$$

$$I_{2 \text{ fasa tanah}} \text{ (A)} = I_{2 \text{ fasa}} \text{ (pu)} * I_{base} = 2.1313 * 2.887 \text{ kA} = 6153.2 \text{ A}$$

Rumus arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah

$$I_{1 \text{ fasa-tanah}} \text{ (pu)} = \frac{3 * V_{ph}}{Z_{1 \text{ eq}} + Z_{2 \text{ eq}} + Z_0} = \frac{3 * E_a}{Z_{1 \text{ eq}} + Z_{2 \text{ eq}} + Z_0} = \frac{3 * 1}{(\sqrt{0^2 + 0.4692^2}) + (\sqrt{0^2 + 0.4692^2}) + (\sqrt{0^2 + 0.4692^2})} = 2.1313 \text{ pu}$$

$$I_{1 \text{ fasa-tanah}} \text{ (A)} = I_{1 \text{ fasa}} \text{ (pu)} * I_{base} = 2.1313 * 2.887 \text{ kA} = 6154.1 \text{ A}$$

Dengan cara yang sama untuk persentase jarak yang lain di dapat

**Tabel 7 Hasil perhitungan arus hubung singkat penyulang SRL01**

Jarak %	Jarak (Km)	Arus gangguan (ampere)			
		3 fasa	2fasa	2fasatanah	1fasatanah
0%	0	6153.187	5328.816	6153.187	6153.187
10%	0.5632	5616.722	4864.224	4531.307	5015.968
20%	1.1264	5160.898	4469.468	3580.173	4227.607
30%	1.6896	4769.93	4130.88	2957.216	3650.95
40%	2.2528	4431.593	3837.872	2518.155	3211.465
50%	2.816	4136.375	3582.206	2192.238	2865.689
60%	3.3792	3876.821	3357.426	1940.81	2586.679
70%	3.9424	3647.034	3158.424	1740.996	2356.881
80%	4.5056	3442.308	2981.127	1578.407	2164.378
90%	5.0688	3258.852	2822.249	1443.539	2000.804
100%	5.632	3093.584	2679.122	1329.869	1860.113

**Tabel 8 Hasil perhitungan arus hubung singkat penyulang SRL 02**

Jarak %	Jarak (Km)	Arus gangguan (ampere)			
		3 fasa	2fasa	2fasatanah	1fasatanah
0%	0	6153.187	5328.816	6153.187	6153.187
10%	0.5632	5685.622	4923.893	4703.35	5148.049
20%	1.1264	5279.75	4572.398	3800.965	4419.948
30%	1.6896	4924.938	4265.121	3187.215	3869.956
40%	2.2528	4612.659	3994.68	2743.292	3440.445
50%	2.816	4336.058	3755.136	2407.492	3096.003
60%	3.3792	4089.6	3541.697	2144.697	2813.775
70%	3.9424	3868.786	3350.467	1933.484	2578.382
80%	4.5056	3669.936	3178.258	1760.048	2379.11
90%	5.0688	3490.02	3022.446	1615.104	2208.269
100%	5.632	3326.522	2880.852	1492.172	2060.203

**3.2 Penyetelan OCR dan GFR**

**3.2.1 Setting Relay arus lebih**

Hasil perhitungan *setting* koordinasi proteksi *relay* arus lebih pada *outgoing* dan *incoming* di Gardu Induk Sronдол, dengan jenis *setting Standard Inverse Time* secara lengkap dan jelas dapat dilihat pada Tabel 9 berikut

**Tabel 9 Hasil perhitungan setting relay OCR**

Relay	Data hasil perhitungan	
OCR (incoming)	tms	0.258
	rasio CT	1 / 1000
	t (s)	1
	I set primer	866.02 A
	I set sekunder	1.03.2 A
OCR (outgoing)	tms	0.224
	rasio CT	5 / 600
	t (s)	0.6
	I set primer	480 A
	I set sekunder	4 A

Untuk setelan *relay* yang terpasang di penyulang di hitung berdasar arus beban maximum, untuk *relay inverse* di *setting* sebesar 1.05 sampai 1.2 x I maks. Persyaratan lain yang harus di penuhi yaitu untuk penyetelan waktu minimum *relay* arus lebih terutama di penyulang tidak boleh lebih kecil dari 0.3.

**3.2.2 Setting Relay Gangguan Tanah**

Hasil perhitungan *setting relay* arus lebih pada penyulang dan *incoming* di gardu induk sronдол, dengan jenis *setting Standard Inverse Time* secara lengkap dan jelas dapat dilihat pada Tabel berikut

**Tabel 10 Hasil perhitungan setting relay GFR**

Relay	Data hasil perhitungan	
GFR (incoming)	tms	0.423
	rasio CT	5 / 600
	t (s)	1.0895
	I set primer	346.4 A
	I set sekunder	0.346 A
GFR (outgoing)	tms	0.287
	rasio CT	5 / 600
	t (s)	0.6
	I set primer	240 A
	I set sekunder	2 A

Untuk setelan arus gangguan tanah sisi penyulang, di gunakan 50%<sup>[10]</sup> arus yang di gunakan untuk men-*setting* OCR. Nilai ini untuk mengantisipasi jika penghantar tersentuh pohon yang dimana tahanan pohon yang dapat memperkecil besarnya arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

**3.3 Pemeriksaan Waktu Kerja Relay**

Pemeriksaan waktu kerja *relay* adalah untuk mengetahui kerja *relay* terhadap arus yang timbul di tiap titik, maka di hitung:

$$T = \left( \frac{0.14 \times TMS}{\left( \frac{I_{fault}}{I_{set}} \right)^{0.02} - 1} \right)$$

$$T = \left( \frac{0.14 \times 0.224}{\left( \frac{6153.6}{480} \right)^{0.02} - 1} \right)$$

$$T = 0.599 \text{ detik}$$

Dengan cara yang sama, akan di peroleh nilai waktu kerja *relay* saat terjadi gangguan 3 fasa, 2fasa, 2 fasa ke tanah dan 1 fasa ke tanah pada *incoming* dan *outgoing* untuk jarak 10%-100%

**3.4 Validasi Hasil Simulasi**

**3.4.1 Arus Hubung Singkat Matlab dan ETAP 7.0**

a ) Hasil simulasi Matlab

Hasil perhitungan arus gangguan dari simulasi Matlab untuk penyulang SRL 01 dan SRL 02 dapat di lihat pada tabel berikut



Tabel 13 Hasil Matlab arus hubung singkat penyulang SRL 01

Jarak %	Jarak (Km)	Arus gangguan (ampere)			
		3 fasa	2fasa	2fasatanah	1fasatanah
0%	0	6154,2179	5329,6907	6154,218	6154,218
10%	0,5632	5617,2359	4864,595	4532,013	5017,029
20%	1,1264	5163,9769	4469,6534	3580,457	4228,3
30%	1,6896	4769,9014	4130,7196	2957,154	3651,189
40%	2,2528	4431,2563	3837,6891	2518,041	3211,21
50%	2,816	4135,9162	3581,9009	2191,81	2865,348
60%	3,3792	3876,3749	3357,0036	1940,353	2586,175
70%	3,9424	3646,5697	3157,8006	1740,572	2356,369
80%	4,5056	3441,5927	2980,5388	1578,034	2164,095
90%	5,0688	3258,2682	2822,9086	1443,211	2000,402
100%	5,632	3092,8431	2678,5586	1329,752	1859,805

Tabel 14 Hasil Matlab arus hubung singkat penyulang SRL 02

Jarak %	Jarak (Km)	Arus gangguan (ampere)			
		3 fasa	2fasa	2fasatanah	1fasatanah
0%	0	6154,218	5329,691	6154,218	6154,218
10%	0,5632	5686,813	4924,933	4705,233	5149,831
20%	1,1264	5280,9	4573,585	3802,756	4422,018
30%	1,6896	4926,377	4266,12	3188,692	3871,756
40%	2,2528	4614,003	3995,897	2744,671	3442,17
50%	2,816	4337,429	3756,276	2408,624	3097,462
60%	3,3792	4090,879	3542,926	2145,618	2814,825
70%	3,9424	3870,024	3351,518	1934,29	2579,535
80%	4,5056	3671,109	3179,453	1760,781	2380,043
90%	5,0688	3491,249	3023,555	1615,854	2209,421
100%	5,632	3327,845	2881,803	1492,868	2061,318

b) hasil simulasi ETAP 7.0

Hasil perhitungan arus gangguan dari simulasi ETAP 7.0 untuk penyulang SRL 01 dan SRL 02 dapat di lihat pada table berikut

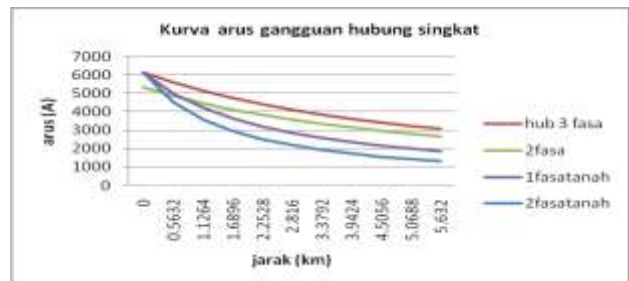
Tabel 15 Hasil simulasi ETAP 7.0 arus hubung singkat pada penyulang SRL 01

Jarak (%)	Jarak(Km)	I fault LLL (A)	I fault LL (A)	I fault LLG(A)	I fault LG(A)
0%	0	6152	5328	6152	6153
10%	0,5632	5616	4864	4526	5015
20%	1,1264	5160	4469	3574	4227
30%	1,6896	4769	4130	2951	3650
40%	2,2528	4431	3837	2511	3211
50%	2,816	4136	3581	2187	2865
60%	3,3792	3876	3357	1934	2586
70%	3,9424	3646	3158	1735	2356
80%	4,5056	3442	2980	1571	2164
90%	5,0688	3258	2882	1438	2000
100%	5,632	3093	2678	1323	1860

Tabel 16 Hasil simulasi ETAP 7.0 arus hubung singkat pada penyulang SRL 02

Jarak (%)	Jarak(Km)	I fault LLL (A)	I fault LL (A)	I fault LLG(A)	I fault LG(A)
0%	0	6152	5328	6153	6153
10%	0,5632	5616	4864	4766	5148
20%	1,1264	5160	4469	3795	4420
30%	1,6896	4769	4130	3182	3870
40%	2,2528	4431	3837	2738	3440
50%	2,816	4136	3581	2401	3096
60%	3,3792	3876	3357	2138	2814
70%	3,9424	3646	3158	1928	2578
80%	4,5056	3442	2980	1754	2379
90%	5,0688	3258	2882	1609	2208
100%	5,632	3093	2678	1486	2060

Dari kedua data yang di peroleh antara hasil Matlab pada tabel 13 dan tabel 14 dengan hasil simulasi ETAP 7.0 pada tabel 15 dan 16, nilai yang di dapat hampir sama antar keduanya



Gambar 7 Kurva arus gangguan hubung singkat pada SRL 01



Gambar 8 Kurva arus gangguan hubung singkat pada SRL02

Dari gambar 7 dan gambar 8 di atas dapat dilihat bahwa besarnya arus hubung singkat di pengaruhi oleh jarak titik gangguan, semakin jauh jarak titik gangguan maka semakin kecil arus gangguan hubung singkatnya. Begitu juga sebaliknya, semakin dekat jarak titik gangguan maka akan semakin besar gangguan hubung singkatnya. Selain itu, dapat dilihat bahwa arus gangguan hubung singkat terbesar adalah arus gangguan hubung singkat 3 fasa.

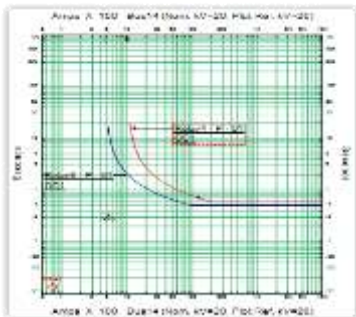
**3.4.2 Analisis Setting Relay**

Hasil perhitungan *setting relay* arus lebih dan *relay* hubung tanah dengan jenis *setting* Standart Inverse Time dapat di lihat sebagai berikut

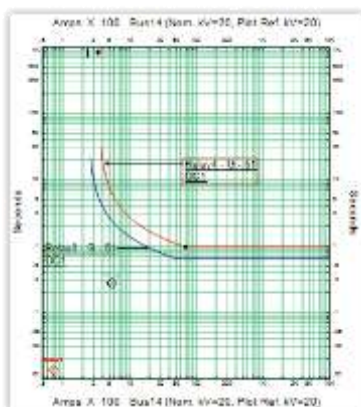
**Tabel 17 hasil setting relay OCR dan GFR**

Relay	Data sebelum SRL 06 terpasang		Data perhitungan setelah SRL 06 di rencanakan	
OCR (incoming)	tms	0,25	tms	0,258
	rasio CT	1 / 1000	rasio CT	1 / 1000
	t (s)	0,966	t (s)	1
GFR (incoming)	tms	0,45	tms	0,423
	rasio CT	5 / 600	rasio CT	5 / 600
	t (s)	1,0509	t (s)	1,089
OCR (outgoing)	tms	0,21	tms	0,224
	rasio CT	1 / 1000	rasio CT	1 / 1000
	t (s)	0,6686	t (s)	0,6
GFR (outgoing)	tms	0,29	tms	0,287
	rasio CT	5 / 600	rasio CT	5 / 600
	t (s)	0,599	t (s)	0,636

Pada tabel 17, dari nilai di atas jika di simulasi krja *relay* pada ETAP maka si peroleh :



**Gambar 9 Grafik setting koordinasi relay OCR outgoing dan incoming Gardu Induk Sronдол dengan jenis setting standard inverse,**



**Gambar 10 Grafik setting koordinasi relay GFR outgoing dan incoming Gardu Induk Sronдол dengan jenis setting standard inverse**

Pada gambar 9 dan 10 merupakan gambar grafik koordinasi *relay* OCR dan GFR pada *incoming* dan *outgoing*. Apabila terjadi gangguan pada jaringan, grafik biru yang menunjukkan *relay* pada *outgoing* akan terlebih dahulu *trip* di banding grafik merah yang menunjukkan *relay* pada *incoming*, sehingga *setting* ulang *relay* pada jaringan sudah cukup baik

**3.4.3 Pemeriksaan Waktu Kerja Relay**

Waktu kerja *relay* terhadap jarak digunakan untuk melihat baik atau buruknya kinerja *relay* pada saat terjadi gangguan di sepanjang penyulang. Berikut visualisasi koordinasi *relay* saat terjadi gangguan pada ujung penyulang

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
124	Relay1	1.891	124		Phase-OCI -3I
124	CB1		10.1		Tripped by Relay1 Phase-OCI -3I
1639	Relay4	1.891	1639		Phase-OCI -3I
1849	CB1		10.1		Tripped by Relay1 Phase-OCI -3I

**Gambar 7 Report dari hasil kerja relay pada ETAP 7.0**

Dari gambar 7 *report* yang di hasilkan ETAP 7.0 di atas, didapat hasil kerja *relay* terhadap jarak yang dapat digunakan untuk melakukan perbandingan hasil simulasi dengan hasil perhitungan sebagai berikut

**Tabel 18 Hasil simulasi ETAP 7.0 waktu kerja relay terhadap jarak pada SRL 01**

Jarak	Kerja relay pada gangguan (detik)							
	Incoming				Outgoing			
	3 fasa	2 fasa	2fasa-tanah	1fasa-tanah	3 fasa	2 fasa	2fasa-tanah	1fasa-tanah
0%	0,998	1,087	0,999	0,998	0,599	0,636	0,65	0,598
10%	1,053	1,153	1,122	1,078	0,622	0,662	0,664	0,651
20%	1,11	1,221	1,238	1,154	0,645	0,687	0,723	0,68
30%	1,168	1,292	1,351	1,227	0,667	0,713	0,78	0,718
40%	1,228	1,365	1,462	1,3	0,69	0,739	0,835	0,755
50%	1,29	1,442	1,574	1,371	0,712	0,765	0,888	0,79
60%	1,355	1,523	1,688	1,443	0,735	0,791	0,941	0,82
70%	1,422	1,608	1,803	1,514	0,758	0,817	0,994	0,86
80%	1,491	1,697	1,922	1,586	0,78	0,843	1,047	0,894
90%	1,56	1,791	2,044	1,657	0,803	0,87	1,1	0,927
100%	1,649	1,891	2,17	1,731	0,86	0,896	1,153	0,96

**Tabel 19 Hasil simulasi ETAP 7.0 waktu kerja relay terhadap jarak pada SRL 02**

Jarak	Kerja relay pada gangguan (detik)							
	Incoming				Outgoing			
	3 fasa	2 fasa	2fasa-tanah	1fasa-tanah	3 fasa	2 fasa	2fasa tanah	1fasa-tanah
0%	0,998	1,087	0,999	0,998	0,599	0,636	0,65	0,598
10%	1,045	1,144	1,105	1,067	0,619	0,658	0,655	0,651
20%	1,094	1,202	1,206	1,133	0,638	0,68	0,707	0,67
30%	1,143	1,262	1,304	1,197	0,658	0,702	0,757	0,703
40%	1,195	1,324	1,401	1,26	0,677	0,724	0,805	0,735
50%	1,247	1,389	1,497	1,322	0,697	0,747	0,851	0,766
60%	1,301	1,456	1,594	1,383	0,716	0,769	0,897	0,796
70%	1,357	1,526	1,692	1,445	0,736	0,791	0,943	0,826
80%	1,414	1,599	1,791	1,506	0,755	0,814	0,988	0,856
90%	1,474	1,675	1,892	1,568	0,775	0,837	1,034	0,885
100%	1,535	1,755	1,997	1,63	0,794	0,859	1,079	0,915

Nilai waktu kerja relay yang di hasilkan dapat di sajikan menjadi grafik sebagai berikut



**Gambar 11. Kurva waktu kerja relay terhadap jarak**

Dari gambar 4.10 di atas dapat dilihat bahwa kerja relay bergantung pada jarak dan besarnya arus gangguan yang terjadi pada suatu titik gangguan. Gangguan hubung singkat 3 fasa memiliki waktu kerja relay yang lebih cepat karena arus gangguannya lebih tinggi dari pada gangguan yang lain.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis telah di lakukan pada Tugas Akhir ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Arus gangguan tertinggi yang di dapat pada simulasi ETAP 7.0 dan Matlab pada gangguan 3 fasa = 6154.2 ampere, arus gangguan 2 fasa = 5329,6 ampere, arus gangguan 2 fasa ke tanah =6154,2 ampere dan 1 fasa ke tanah = 6154,2 ampere dengan perbedaan tidak lebih dari 0.0032%
2. Penyetelan OCR pada sisi *incoming* di dapat nilai TMS = 0.258 dengan waktu kerja t(s) = 1 detik. Sedangkan *setting* OCR pada sisi *outgoing* didapat nilai TMS = 0.224 dengan waktu kerja t(s) = 0.6 detik.

3. Penyetelan GFR pada sisi *incoming* di dapat nilai TMS = 0.423 dengan waktu kerja t(s) = 1.089 detik. Sedangkan *setting* GFR pada sisi *outgoing* didapat nilai TMS = 0.287 dengan waktu kerja t(s) = 0.636 detik.
4. Waktu kerja *relay outgoing* di *setting* lebih cepat di bandingkan dengan waktu kerja *relay* di *incoming* dengan selisih waktu (*grading time*) rata rata sebesar 0.4 s. Hal ini di maksudkan untuk memberikan kesempatan *relay outgoing* mengidentifikasi gangguan.agar *relay* pada *incoming* tidak *trip*
5. Dari hasil perhitungan dan simulasi, kinerja *relay* tidak hanya di pengaruhi oleh nilai *setting* TMS nya saja, jarak gangguan dan besarnya arus gangguan yang terjadi mempengaruhi kerja dari *relay*.
6. *Setting* OCR dan GFR yang ada di Gardu Induk Sronдол masih dalam kondisi baik dan dapat di gunakan untuk pembandingan perencanaan pemasangan penyulang SRL 06

#### Referensi

- [1]. Saadat, Hadi. 1999. "Power System Analysis". Mc Graw Hill.
- [2]. Stevenson, William D. 1996. "Analisis Sistem Tenaga Listrik". Erlangga
- [3]. Sarimun N,Wahyudi. 2012 "Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik" . Garamond
- [4]. SPLN 1:1995 ,Tegangan standar PLN
- [5]. Warsito, Adhi. 2013 "Analisis Evaluasi Setting Relay OCR Sebagai Proteksi Pada Jaringan Distribusi Dengan Pembangkitan Terdistribusi (Studi Kasus Pada Penyulang BSB 4, Kendal – Jawa Tengah)" Teknik Elektro Universitas Diponegoro
- [6]. Sutarti. 2008. "Analisa perhitungan setting arus dan waktu pada relay arus lebih (OCR) sebagai proteksi trafo daya di Gardu Induk cawing lama Jakarta". Sekolah Tinggi Teknologi Indragiri
- [7]. Affandi, Irfan. 2009. "Analisa Setting Relay Arus Lebih dan Relay Gangguan Tanah pada Penyulang Sadewa di Gi Cawang" Universitas Indonesia
- [8]. Tirza Nova, Syahril 2005. " perhitungan setting relay OCR dan GFR pada system interkoneksi diesel generator". Institut Teknologi Nasional Bandung
- [9]. Mazhar Ezzeddine, Robert Kaczmarek 2011, "A novel method for optimal coordination of directional overcurrent relays considering their available discrete settings and several operation characteristics" Ecole Supérieure d'Electricité, Perancis
- [10]. Nugroho Agus Darmanto, Susatyo Handoko,2006 "Analisa Koordinasi OCR – Recloser Penyulang Kaliwungu 03" Teknik Elektro Universitas Diponegoro
- [11]. Siregar , Ramdhan Halid 2006"Koordinasi Relay Over Current (OCR) pada jaringan distribusi primer 20kV Banda Aceh" Universitas Syiah Kuala Banda Aceh
- [12]. Febrianti, Dwi.2007. "Evaluasi setting over load shedding (OLS) di GI Siguntang (Study kasus pemutusan daya dari PLTG musi 02)" Universitas Sriwijaya
- [13]. Thekla N. Boutsika a, Stavros A. Papatianassiou 2007. "short-circuit calculations in networks with distributed generation" National Technical University of Athens,Greece