

EVALUASI *SETTING RELAY* PROTEKSI DAN *DROP VOLTAGE* PADA GARDU INDUK SRONDOL SEMARANG MENGGUNAKAN ETAP 7.5

Mahfudh Sanusi^{*)}, Juningtyastuti, and Karnoto

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

^{*)}*E-mail : sanusimahfudh@gmail.com*

Abstrak

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik ke konsumen. Terdapat beberapa macam gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik. Salah satu gangguan yang sering terjadi adalah gangguan hubung singkat antar fasa dan gangguan fasa dengan tanah. Peralatan proteksi dibutuhkan untuk mengatasi adanya gangguan hubung singkat, seperti relay arus lebih dan recloser. Pada penulisan tugas akhir ini akan dibahas evaluasi setting relay proteksi dan evaluasi drop tegangan dengan menggunakan software ETAP 7.5. Hasil drop tegangan pada ujung jaringan dengan menggunakan simulasi ETAP 7.5 untuk SRL1, SRL2 dan SRL 6 yaitu berturut-turut 2,5 %, 1,3 % dan 1,25 %. Setelah dilakukan evaluasi, arus gangguan hubung singkat tertinggi adalah 6153 ampere dan arus gangguan hubung singkat terendah adalah 1328 ampere. Waktu kerja relay OCR minimum adalah 0,3 detik pada recloser sedangkan waktu kerja maksimum 2,174 detik pada relay GFR incoming. Koordinasi pada simulasi dengan menggunakan ETAP 7.5 relay proteksi bekerja dimulai dari recloser, selanjutnya relay outgoing dan relay incoming sebagai back up protection. Koordinasi antar relay sudah sesuai dengan standart IEC 60255 dengan grading time 0,3-0,5 detik dan tidak ada kurva koordinasi yang saling memotong.

Kata Kunci : Evaluasi drop tegangan, Evaluasi setting proteksi, Koordinasi proteksi

Abstract

The distribution system is part of a power system that serves distribute electrical energy to the consumer. There is some kind of disturbance in the power distribution system. One disorder that often occurs is a short circuit between phase and phase to ground disturbance. Protection equipment needed to cope with the short circuit, such as relay overcurrent and Recloser. In final project will discuss the evaluation of the protection relay setting and evaluation of the voltage drop by using ETAP software 7.5. Results of the voltage drop at the end of the network by using simulation ETAP 7.5 to SRL1, SRL2 and SRL 6 are respectively 2,5 %, 1,3 % and 1,25 %. After the evaluation, the highest short-circuit fault current is 6153 amperes and the lowest short circuit fault current is 1328 amperes. The minimum work time OCR incoming is 0.3 seconds at a time while the maximum working recloser 2.174 seconds on relay incoming GFR. Coordination on simulation using ETAP 7.5 relay protection work begins Recloser, then relay outgoing and incoming relay as a back-up protection. Coordination between the relay is in compliance with IEC 60255 standard by the time grading 0.3-0.5 seconds and there is no coordination curves intersecting.

Keywords : Evaluation of voltage drop, Evaluation of protection relay, Protection coordinaton

1. Pendahuluan

Sistem distribusi tenaga listrik 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.

Salah satu bentuk gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik adalah gangguan hubung singkat

baik gangguan tiga fasa, antar fasa maupun gangguan fasa ke tanah. Banyak peralatan proteksi yang digunakan pada sistem proteksi jaringan distribusi tenaga listrik, diantaranya adalah relay arus lebih dan recloser.

Pada GI Sronol Trafo 1 menyuplai SRL 1, SRL 2 dan SRL 6 dengan panjang saluran dan arus beban yang berbeda-beda, sehingga perlu dilakukan evaluasi setting relay dan drop tegangan agar terciptanya kontinuitas pengiriman energi listrik dan kehandalan sistem tetap terjaga.

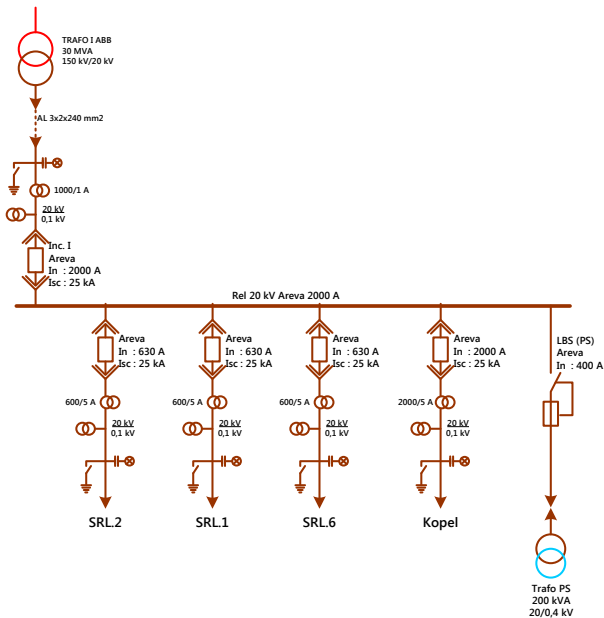
2. Metode

2.1. Langkah Penelitian

Pada tugas akhir ini terdapat beberapa metode yang diterapkan sebagai dasar metodologi penelitian dalam melakukan penelitian tugas akhir. Metodologi penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 2

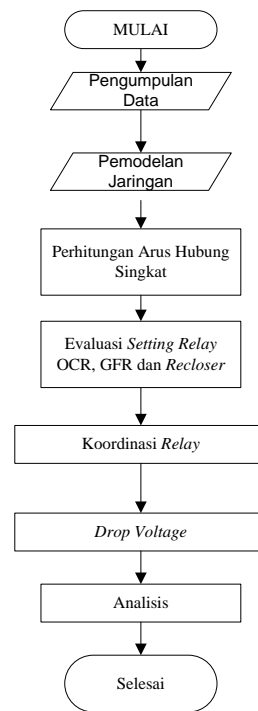
2.2. Data Sistem

Pada Trafo 30 MVA Gardu Induk Srandol Semarang terdapat 3 penyulang yang menyalurkan energi listrik menuju beban seperti pada Gambar 1



Gambar 1. Diagram Satu Garis Jaringan Distribusi 20 kV Trafo 30 MVA GI Srandol Semarang

Secara umum langkah penelitian yang dilakukan sebagaimana terlihat pada Gambar 2



Gambar 2. Langkah penelitian evaluasi setting rele dan drop tegangan

Adapun data yang digunakan untuk analisis ini adalah seperti pada Tabel 1 hingga

Tabel 1. Data Trafo Daya

Data Trafo Tenaga	
Merk	ABB
Daya	30 MVA
Arus HS sisi 150	8,21 kA
Tegangan	150 / 20 kV
Impedansi (Z %)	12.67 %
Rasio CT	2000/5
Vektor Grup	YNyn0

Tabel 2. Data Relay Arus Lebih Incoming

Data Setting OCR dan GFR Incoming	
merk	AREVA
type	MICOM P122
karakteristik	Standart invers
Rasio CT	1000/1
TMS OCR	0.25
TMS GFR	0.43

Tabel 3. Data Relay Arus Lebih *Ongoing feeder*

Data Setting OCR dan GFR Feeder			
Penyulang	SRL1	SRL2	SRL6
Jarak penyulang	5.632 km	4.848 km	5.063 km
type	MICOM P122	MICOM P122	MICOM P122
karakteristik	Standart invers	Standart invers	Standart invers
TMS OCR	0.22	0.22	0.22
TMS GFR	0.29	0.29	0.29

Tabel 4. Data Recloser

Data Input Recloser		
Penyulang	SRL 01	SRL 02
Jarak Recloser	2,514 km	3,635 km
Karakteristik I Setting	IEC – 400	IEC – 150
TMS	0,1	0,158

Tabel 5. Data Teknis Kabel AAAC mm²

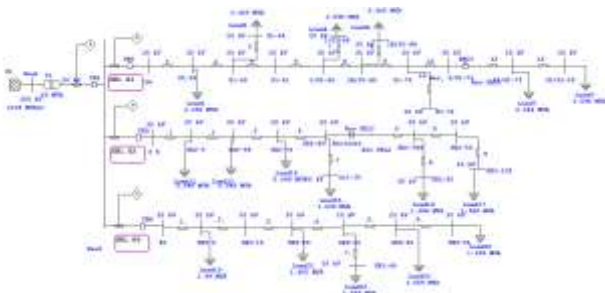
Kabel AAAC	Data per Km (ohm)	
	R	jX
Z1/Km (240 mm ²)	0,1344	0,3158
Z2/Km (240 mm ²)	0,1344	0,3158
Z0/Km (150mm ²)	0,3441	1,618

Tabel 6. Data Beban Puncak Tertinggi Maret 2015^[5]

Feeder	Data beban	
	I (A)	S (MVA)
SRL 1	414	14,34
SRL 2	140	4,85
SRL 6	203	7,03

2.3. Pemodelan

Berdasarkan pada data eksisting jaringan yang diperoleh maka dapat dibuat pemodelan diagram satu garis menggunakan program ETAP 7.5 seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemodelan Diagram Satu Garis Jaringan Distribusi dengan ETAP 7.5

3. Perhitungan dan Analisis

3.1. Analisis Hubung Singkat

Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis hubung singkat dengan 2 metode yaitu melalui simulasi menggunakan program bantu ETAP 7.5 dan juga dengan perhitungan secara manual.

3.1.1. Perhitungan Hubung Singkat

Diperoleh besar rekapitulasi hasil arus gangguan hubung singkat trafo pada titik-titik bus di tiap *feeder* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7 hingga Tabel 9

Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan Arus Hubung Singkat SRL 01

Jarak (Km)	3 fasa	2fasa	2fasa tanah	1fasatanah
	A	A	A	A
0	6152,7	5328,4	6152,7	6152,7
0,831	5390,5	4668,3	4022,0	4606,8
0,899	5335,9	4621,0	3910,4	4513,3
1,201	5105,2	4421,3	3481,0	4139,5
1,309	5027,3	4353,7	3349,3	4020,2
1,357	4993,3	4324,3	3293,9	3969,4
1,402	4961,9	4297,1	3243,6	3922,8
1,995	4580,2	3966,6	2699,4	3396,9
2,027	4561,2	3950,1	2675,2	3372,4
2,389	4356,2	3772,6	2428,3	3118,4
2,514	4289,4	3714,8	2353,3	3039,2
3,416	3860,6	3343,4	1924,0	2568,1
4,036	3611,1	3127,3	1709,4	2320,4
5,632	3093,3	2678,9	1327,8	1858,0

Tabel 8. Rekapitulasi Perhitungan Arus Hubung Singkat SRL 02

Jarak (Km)	3 fasa	2fasa	2fasa tanah	1fasatanah
	A	A	A	A
0	6152,7	5328,4	6152,7	6152,7
0,075	6075,9	5261,9	5874,3	5973,4
1,7235	4747,8	4111,7	2924,2	3619,2
3,372	3879,6	3359,8	1941,3	2587,7
3,635	3768,7	3263,8	1842,3	2474,8
4,625	3401,5	2945,8	1545,5	2125,4
4,47	3454,3	2991,5	1585,5	2173,4
4,854	3326,2	2880,6	1490,0	2058,1
4,848	3328,2	2882,3	1491,4	2059,8
4,923	3304,2	2861,5	1474,0	2038,6

Tabel 9. Rekapitulasi Perhitungan Arus Hubung Singkat SRL06

Jarak (Km)	3 fasa	2fasa	2ft	1ft
	A	A	A	A
0	6152,7	5328,4	6152,7	6152,7
0,075	6075,9	5261,9	5874,3	5973,4
1,575	4844,4	4195,4	3063,6	3753,5
2,363	4370,3	3784,8	2444,5	3135,3
2,913	4089,0	3541,1	2142,0	2811,3
3,233	3940,8	3412,8	1998,0	2651,6
3,113	3995,1	3459,9	2049,6	2709,3
5,063	3260,4	2823,6	1442,7	2000,2

Pada Tabel 7 hingga 9, semakin jauh jarak gangguan hubung singkat, maka semakin besar impedansinya dan berpengaruh pada arus gangguan yang terjadi sesuai rumus $I = V / Z$. Selain itu, dapat dilihat bahwa arus gangguan hubung singkat terbesar adalah arus gangguan hubung singkat 3 fasa.

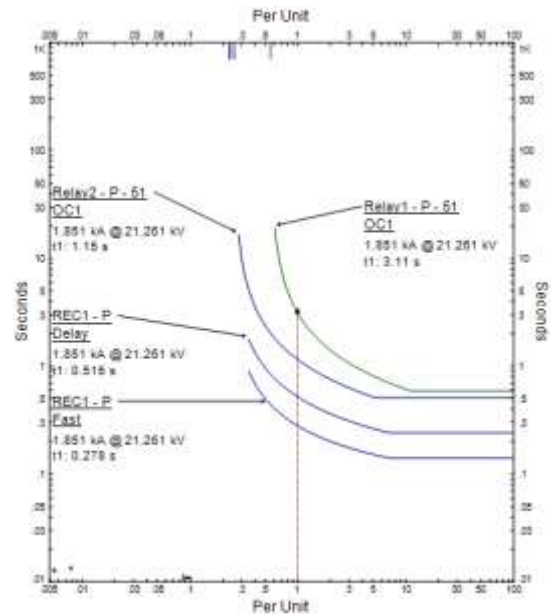
3.2. Evaluasi setting relay

Tabel 10. Hasil perhitungan setting relay OCR, GFR dan Recloser Standart Invers Time

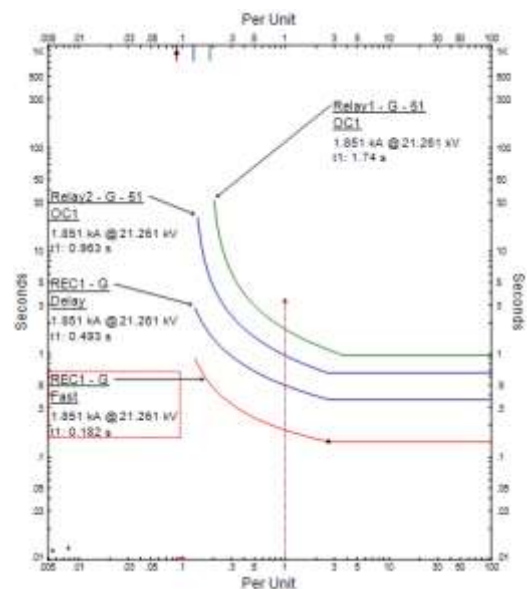
		Eksisting		Perhitungan	
		In	Out	In	Out
OCR	Tms	0,26	0,22	0,258	0,224
	rasio CT	1/1000	5/600	1/1000	5/600
	t(s)	1	0,6	1,001	0,599
	Iset	1039	480	1039,23	480
	Iset	1,039	0,8	1,039	0,8
GFR	Tms	0,42	0,29	0,423	0,287
	rasio CT	1/1000	5/600	1/1000	5/600
	t(s)	1	0,6	0,99	0,599
	Isetprimer	346	240	346,4	240
Recloser SRL 01	Isetsekunder	0,346	0,4	0,346	0,4
	Tms	-	0,1	-	0,1
Recloser SRL 02	t(s)	-	0,3	-	0,3
	Isetprimer	-	434,7	-	434,7
	Tms	-	0,158	-	0,158
Recloser SRL 02	t(s)	-	0,3	-	0,34
	Isetprimer	-	168	-	168

Untuk setelah relay yang terpasang di feeder dihitung berdasar arus beban maksimum. Persyaratan lain yang harus dipenuhi yaitu untuk penyetelan waktu *grading time relay* arus lebih terutama di penyulang tidak boleh kurang dari 0,4 s^[3]. Keputusan ini diambil agar memberi kesempatan relay *outgoing* bekerja terlebih dahulu sedangkan relay *incoming* sebagai *back up protection* jika relay *outgoing* gagal bekerja.

Waktu tunda setiap peralatan dimulai dari *recloser* yang diset untuk trip dengan delay yang sangat kecil yaitu sekitar 0,3 detik. Relay *Outgoing feeder* SRL 01, SRL 02 dan SRL 06 dengan waktu operasi 0,6 detik dan relay *incoming* dengan waktu operasi 1 detik diset dengan selisih 4 s sesuai dengan Standart IEC 60255.

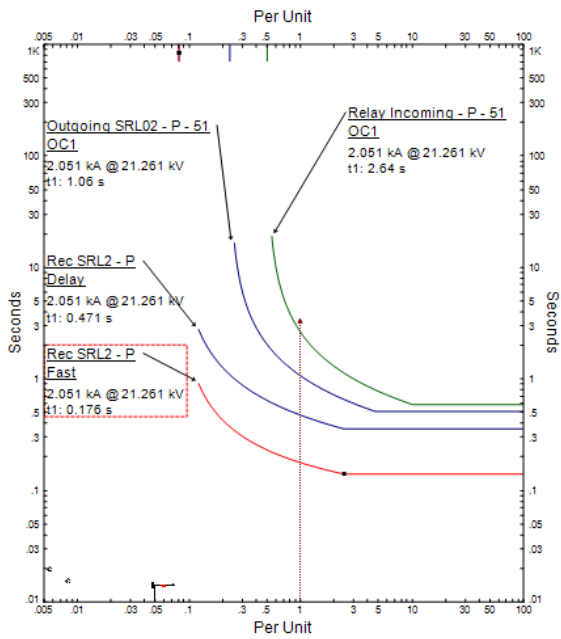


Gambar 4. Kurva TCC OCR SRL 01

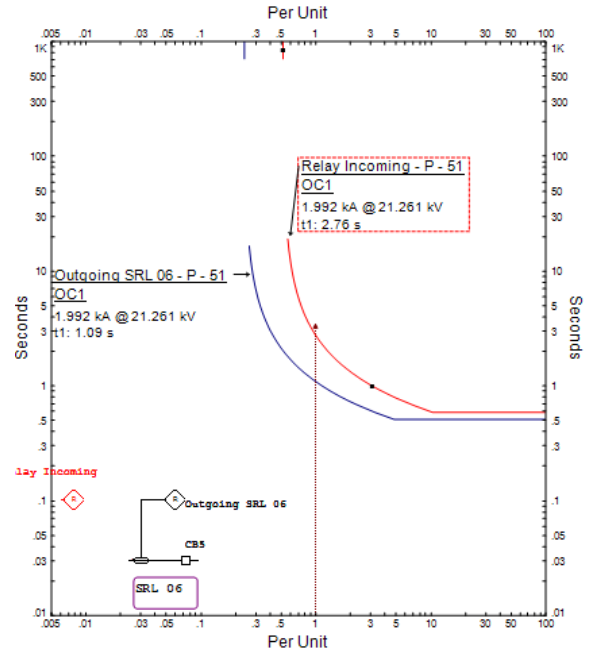


Gambar 5. Kurva TCC GFR SRL 02

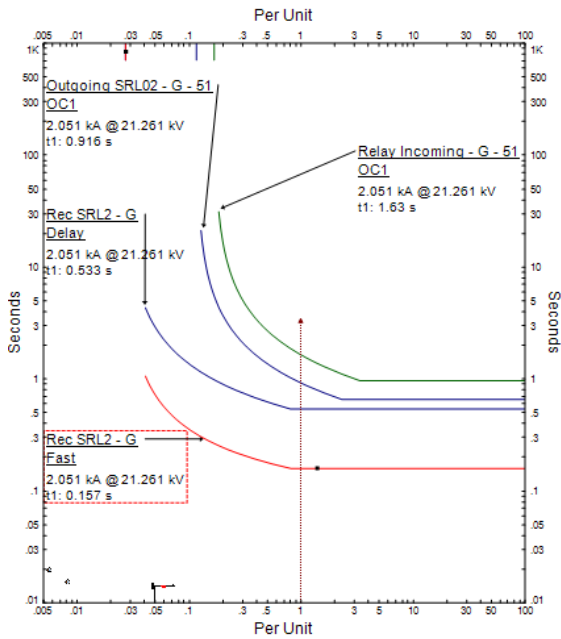
Gambar 4 dan Gambar 5 adalah koordinasi relay antara relay *incoming*, relay *outgoing* dan recloser pada feeder SRL 01. Ketika ada gangguan paling ujung dari sumber maka yang akan mendeteksi adanya gangguan terlebih dahulu yaitu recloser dilanjutkan dengan relay *outgoing* dan relay *incoming* sebagai *back up*



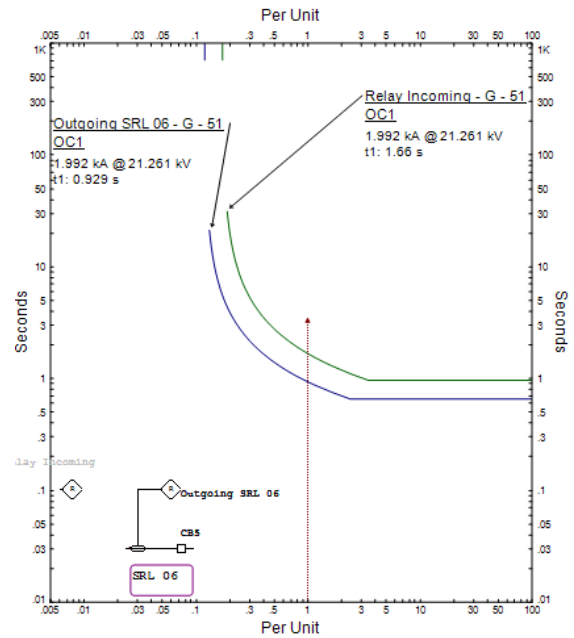
Gambar 6. Kurva TCC OCR SRL 02



Gambar 8. Kurva TCC OCR SRL 06



Gambar 7. Kurva TCC GFR SRL 02



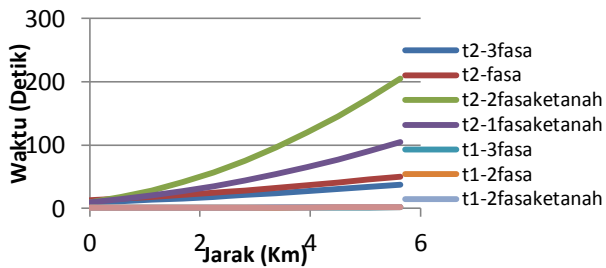
Gambar 9. Kurva TCC GFR SRL 06

Gambar 6 dan Gambar 7 adalah koordinasi *relay* antara *relay incoming*, *relay outgoing* dan *recloser* pada *feeder* SRL 01. Ketika ada gangguan paling ujung dari sumber maka yang akan mendeteksi adanya gangguan terlebih dahulu yaitu *recloser* dilanjutkan dengan *relay outgoing* dan *relay incoming* sebagai *back up*

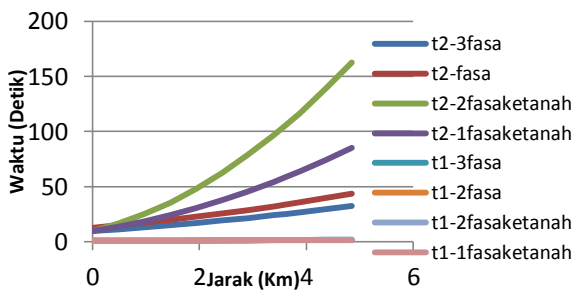
Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan koordinasi *relay* antara *relay incoming*, *relay outgoing* dan *recloser* pada *feeder* SRL 06. Ketika ada gangguan paling ujung dari sumber maka yang akan mendeteksi adanya gangguan terlebih dahulu yaitu *relay outgoing* dilanjutkan *relay incoming* sebagai *back up*

3.3. Analisis Ketahanan konduktor terhadap Arus hubung singkat

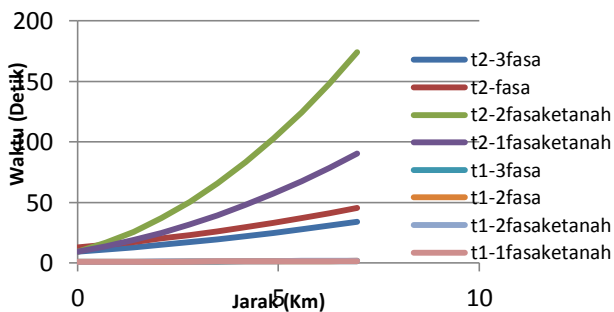
Hasil waktu ketahanan konduktor terhadap arus hubung singkat akan dibandingkan dengan waktu kerja relay incoming yang ditampilkan pada Gambar 10 hingga Gambar 12.



Gambar 10. Grafik Perbandingan waktu Ketahanan Konduktor dengan Waktu Kerja relai incoming SRL1



Gambar 11. Grafik Perbandingan waktu Ketahanan Konduktor dengan Waktu Kerja relai incoming SRL2



Gambar 12. Grafik Perbandingan waktu Ketahanan Konduktor dengan Waktu Kerja relai incoming SRL6

Berdasarkan Gambar 10 hingga Gambar 12 menunjukkan bahwa ketahanan konduktor (t_2) pada tiap penyulang lebih besar dari waktu kerja relay incoming (t_1) pada masing-masing *feeder*. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat terjadi gangguan hubung singkat, relay incoming akan bekerja sebelum konduktor pada *feeder* mengalami kerusakan akibat besarnya arus hubung singkat. sehingga

jika terjadi gangguan diujung jaringan waktu kerja OCR sisi Incoming masih aman untuk peralatan konduktor disekitarnya.

3.4. Drop Tegangan

Tabel 11. Hasil Simulasi Drop Voltage pada SRL 01

Panjang SRL 01(km)	$V_{pangkal}$ (kV)	V_{bus} (kv)	ΔV (kV)	ΔV (%)
0	20	20	0	0
0,831	20	19,9	0,01	0,05
0,899	20	19,8	0,17	0,85
1,201	20	19,8	0,19	0,95
1,309	20	19,7	0,23	1,15
1,357	20	19,7	0,24	1,2
1,402	20	19,7	0,24	1,2
1,995	20	19,7	0,3	1,5
2,027	20	19,7	0,3	1,5
2,389	20	19,6	0,33	1,65
2,514	20	19,6	0,34	1,7
3,416	20	19,6	0,33	1,65
4,036	20	19,5	0,43	2,15
5,632	20	19,5	0,5	2,5

Tabel 12. Hasil Simulasi Drop Voltage pada SRL 02

Panjang SRL 02 (km)	$V_{pangkal}$ (kV)	V_{bus} (kv)	ΔV (kV)	ΔV (%)
0	20	20	0	0
0,075	20	19,9	0,01	0,05
1,7235	20	19,9	0,01	0,05
3,372	20	19,8	0,11	0,55
3,635	20	19,7	0,21	1,05
4,625	20	19,7	0,24	1,2
4,47	20	19,7	0,22	1,1
4,854	20	19,7	0,26	1,3
4,848	20	19,7	0,25	1,25
4,923	20	19,7	0,26	1,3

Tabel 13. Hasil Simulasi Drop Voltage pada SRL 06

Panjang SRL 06 (km)	$V_{pangkal}$ (kV)	V_{bus} (kv)	ΔV (kV)	ΔV (%)
0	20	20	0	0
0,075	20	19,99	0,01	0,05
1,575	20	19,86	0,14	0,7
2,363	20	19,81	0,19	0,95
2,913	20	19,79	0,21	1,05
3,233	20	19,78	0,22	1,1
3,113	20	19,78	0,22	1,1
5,063	20	19,75	0,25	1,25

Terlihat pada Tabel 11 hingga Tabel 13 bahwa besar *drop voltage* masing-masing *feeder* berbeda. Hal ini disebabkan oleh besar beban dan panjang jaringan tiap *feeder* berbeda.

Merujuk pada SPLN 72 1987 bahwa tegangan jatuh maksimal untuk jaringan tegangan menengah yaitu sebesar 5 %, *Drop Voltage* ujung jaringan pada *feeder* SRL 01, SRL 02 dan SRL 06 berturut – turut 2,5 %, 1,3 % dan 1,25 %.

Hasil *drop voltage* pada *feeder* SRL 01, SRL 02 dan SRL 06 sesuai dengan standart SPLN 72-1987 dan Pembebanan Trafo sudah mencapai 80,59 % menurut data eksisting sehingga perlu penambahan *feeder* dan penggantian Trafo Daya untuk mengatasi permasalahan tersebut.

4. Kesimpulan

1. Arus gangguan tertinggi untuk sumber trafo 30 MVA adalah 6153 ampere untuk gangguan hubung singkat 3 fasa sedangkan arus gangguan terendah adalah 1328 ampere untuk gangguan hubung singkat 2 fasa ke tanah.
2. Setelah dievaluasi waktu kerja *relay* OCR minimum adalah 0,3 detik ketika terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa pada *recloser* yang terletak pada ujung jaringan, sedangkan waktu kerja *relay* maksimum adalah 2,174 detik ketika terjadi gangguan 2 fasa ke tanah pada *relay incoming* yang terletak pada dekat sumber.
3. Setting OCR dan GFR yang telah di evaluasi pada Gardu Induk Sronдол masih dalam kondisi baik, yaitu memenuhi standart kepekaan, keandalan, selektifitas dan kecepatan.

4. *Drop voltage* pada *feeder* SRL 01, SRL 02 dan SRL 06 berturut-turut 2,5 %, 1,3 % dan 1,25 %. Hasil *drop voltage* pada *feeder* SRL 01, SRL 02 dan SRL 06 sesuai dengan standart SPLN 72-1987 yaitu bahwa *drop voltage* maksimal sebesar 5 %.

Referensi

- [1]. Sarimun, Wahyudi. *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, Garamod. 2012.
- [2]. Saadat, Hadi. *Power System Analysis*. McGraw Hill. 1999.
- [3]. Stevenson, William D. 1983. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Erlangga. 1996.
- [4]. Sulasno, Ir. 2001. *Teknik dan Sistem Distribusi dan Tenaga Listrik*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang.
- [5]. Gonen, Turan. 1986. *Electric Power Distribution System Engineering*. McGraw-Hill Book Company. University of Missouri Columbia.
- [6]. Arismunandar, Artono. *Teknik Tegangan Tinggi, Jilid II : Saluran Transmisi*, Pradnya Paramita, Jakarta. 1984.
- [7]. Perusahaan Umum Listrik Negara. “SPLN 52-3 : 1983, Pola Pengamanan Sistem, Bagian Tiga : Sistem Distribusi 6 kV dan 20 kV”. Indonesia. 1983.
- [8]. Perusahaan Umum Listrik Negara. “SPLN 64 : 1985, Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah”. Indonesia. 1985.
- [9]. 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
- [10]. Setiajie Prayoga, 2014 “*Evaluasi Setting Relay Arus Lebih dan Setting Relay Gangguan Tanah pada Gardu Induk Sronдол*” Teknik Elektro Universitas Diponegoro.