

ANALISIS RESETTING PROTEKSI OVER CURRENT RELAY, GROUND FAULT RELAY DAN RECLOSER PADA PENYULANG ABANG DAN FEEDER AMED SETELAH REKONFIGURASI

A. A. Gde Agung Semarabawa¹, Tjok. Gede Indra Partha², I Gede Dyana Arjana³
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Email : gungsemara55@gmail.com¹, cokindra@unud.ac.id²
, dyanaarjana@ee.unud.ac.id³

Abstrak

Penyulang Abang menerima pasokan energi listrik dari trafo II 30 MVA GI Amlapura dengan panjang saluran 23 kms, memiliki 67 gardu distribusi dengan data losses sebesar 0,574 MW. Pengurangan losses, peningkatan keandalan dan kontinuitas, salah satu cara yang dilakukan adalah rekonfigurasi penyulang. Rekonfigurasi penyulang yang dilakukan akan mempengaruhi nilai dari impedansi penyulang, sehingga diperlukan *resetting* sistem proteksi *Over Current Relay*, *Ground Fault Relay* dan *Recloser*. *Resetting* proteksi OCR feeder Amed didapat nilai $t = 0,1$ detik, OCR recloser Tirtagangga didapat nilai $t = 0,2$ detik, dan OCR penyulang Abang didapat nilai $t = 0,3$ detik. *Resetting* proteksi GFR feeder Amed didapat nilai 0,1 detik, GFR recloser Tirtagangga 0,2 detik, dan GFR penyulang Abang 0,3 detik. Hasil simulasi dengan menggunakan program ETAP diketahui koordinasi OCR, GFR dan recloser sudah bekerja dengan baik dengan nilai *grading time* $\geq 0,3$ detik, sehingga tidak akan menyebabkan terjadinya *overlap* ataupun *trip* secara bersamaan.

Kata Kunci: *Resetting*, OCR, GFR, *Recloser*.

Abstract

Abang feeder receives electricity supply from transformer II 30 MVA GI Amlapura with a line length of 23 kms and has 67 distribution substations with data losses of 0,574 MW. Reducing losses, increasing reliability and continuity, one way to do this is to reconfigure feeders. The feeder reconfiguration will affect the value of the feeder impedance, so the resetting of the Over Current Relay, Ground Fault Relay and Recloser protection systems is needed. Resetting the protection of Amed OCR feeder obtained t value = 0.1 seconds, OCR recloser Tirtagangga obtained t value = 0.2 seconds, and Oang feeder Abang obtained t value = 0.3 seconds. Resetting the protection of the Amed GFR feeder obtained a value of 0.1 seconds, GFR recloser Tirtagangga 0.2 seconds, and GFR feeder Abang 0.3 seconds. The simulation results using the ETAP program are known to coordinate OCR, GFR and recloser already working well with grading time values ≥ 0.3 second, so it will not cause overlap or trip simultaneously.

Keywords: *Resetting*, OCR, GFR, *Recloser*.

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya aktivitas kehidupan manusia secara langsung akan mengakibatkan tingginya permintaan energi listrik.[1] Semakin meningkatnya kebutuhan akan tenaga listrik maka sistem tenaga listrik dituntut mempunyai peningkatan keandalan dalam penyediaan dan penyaluran dayanya pada suatu jaringan distribusi.[2] Penyulang Abang merupakan penyulang

yang menerima suplai energi listrik dari trafo II 30 MVA GI Amlapura dengan panjang saluran 23 kms dan memiliki 67 gardu distribusi.

Berdasarkan data dari PT. PLN (Persero) Area Jaringan Bali Timur, losses penyulang Abang sebesar 0,574 MW[3], untuk menjaga keandalan penyulang, kontinuitas dan mengurangi losses salah satu cara yang dilakukan adalah

rekonfigurasi penyulang. Rekonfigurasi penyulang ini membuat penyulang Abang terbagi menjadi feeder Amed. Rekonfigurasi penyulang ini menyebabkan panjang penyulang Abang berubah, dengan panjang sebelum rekonfigurasi 23 kms menjadi 15 kms setelah rekonfigurasi sehingga membuat nilai dari impedansi penyulang juga berubah, maka diperlukan *resetting* proteksi seperti *Over Current Relay*, *Ground Fault Relay* dan *Recloser*.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi dalam jaringan (sistem kelistrikan) adalah[4]:

1. Gangguan hubung singkat 3 fasa.
2. Gangguan hubung singkat 2 fasa.
3. Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah.

Arus gangguan hubung singkat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

1. Gangguan hubung singkat 3 fasa

$$I_{3\phi(20)} = \frac{V_p}{Z_{1ek}} \dots\dots\dots(1)$$

2. Gangguan hubung singkat 2 fasa 20 kV

$$I_{2\phi(20)} = \frac{V_p}{Z_{1ek}+Z_{2ek}} \dots\dots\dots(2)$$

3. Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah

$$I_{1\phi(20)} = \frac{3 \times V_p}{Z_{1ek}+Z_{2ek}+Z_{0ek}} \dots\dots\dots(3)$$

2.2 Impedansi Sumber

Untuk menghitung impedansi sumber terlebih dahulu dihitung dengan persamaan berikut:

$$MVA = \sqrt{3} \times (kV) \times I_{sc} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan menyelesaikan persamaan diatas maka didapat:

$$X_{sc} = \frac{kV^2}{MVA} \dots\dots\dots(5)$$

2.3 Impedansi Transformator

Persamaan untuk menghitung impedansi trafo adalah sebagai berikut:

$$Z_{TR} = \frac{V_s^2 \cdot Z_t}{S} \dots\dots\dots(6)$$

2.4 Impedansi Penyulang

Persamaan perhitungan impedansi urutan positif, negatif, nol dan impedansi ekuivalen adalah sebagai berikut:

1. Impedansi penyulang urutan positif dan negatif

$$Z_1 = Z_2 = \text{panjang penyulang (km)} \times Z_1 \dots\dots\dots(7)$$

2. Impedansi penyulang urutan nol
 $Z_0 = \text{panjang penyulang (km)} \times Z_{0..}$ (8)

3. Impedansi ekuivalen jaringan urutan positif

$$Z_{1ek} = Z_{2ek} = Z_{sumber} + Z_{IT} + Z_{1penyulang} \dots\dots\dots(9)$$

4. Impedansi ekuivalen jaringan urutan nol

$$Z_{0ek} = Z_{OT} + 3R_N + Z_{0penyulang} \dots\dots\dots(10)$$

2.5 Over Current Relay (OCR)

Over Current Relay adalah suatu *relay* yang bekerja didasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman tertentu dan dalam jangka waktu tertentu.[5] TMS adalah *Time multiple setting* yang digunakan untuk menyetel *settingan* waktu pada *relay*. [6] Berikut merupakan persamaan dari TMS:

$$TMS = \frac{tx \left(\frac{I_f}{I_{set}} \right)^\beta - 1}{\alpha} \dots\dots\dots(11)$$

Untuk persamaan dari perhitungan nilai t adalah sebagai berikut:

$$t = \frac{\alpha \times TMS}{\left[\frac{I_f}{I_{set}} \right]^\beta - 1} \dots\dots\dots(12)$$

2.6 Ground Fault Relay (GFR)

Sebagian besar gangguan hubung singkat yang terjadi adalah gangguan hubung singkat fasa ke tanah maka rele yang perlu digunakan adalah *Ground Fault Relay*. [7]

2.7 Recloser

Recloser merupakan suatu peralatan pengaman arus lebih, karena hubung singkat antara fasa dengan fasa atau fasa dengan tanah. [8]

3. METODE PENELITIAN

Analisis dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa hal tahapan sebagai berikut:

1. Pengumpulan data-data teknis yang berkaitan dengan sistem proteksi *Over Current Relay*, *Ground Fault Relay* dan *Recloser* pada penyulang abang dan *feeder* amed 20 kV di PT. PLN (Persero) APD Bali dan PT. PLN (Persero) Area Bali Timur.
2. Menggambar *single line diagram* setelah dilakukan rekonfigurasi penyulang sesuai dengan data sistem 20 kV Bali.
3. Menghitung impedansi sumber, reaktansi transformator dan impedansi masing-masing penyulang dan *feeder*

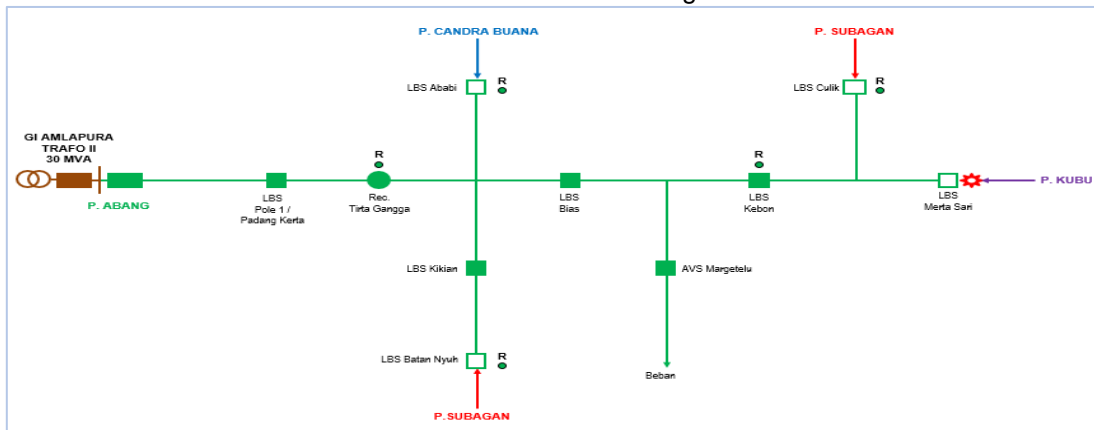
- setelah dilakukan rekonfigurasi penyulang.
- Menghitung besar arus gangguan hubung singkat 3 fasa, 2 fasa dan 1 fasa ke tanah setelah dilakukan rekonfigurasi penyulang.
 - Menghitung *setting* arus dan waktu kerja *relay* dan *recloser* pada penyulang Abang dan *feeder* Amed setelah dilakukan rekonfigurasi penyulang.
 - Pemodelan sistem ke dalam *software* ETAP.

- Melakukan simulasi dengan ETAP untuk *setting relay* dan *recloser* berdasarkan waktu kerja yang didapatkan pada perhitungan.
- Mendeskripsikan hasil simulasi *setting relay* dan *recloser* pada ETAP.

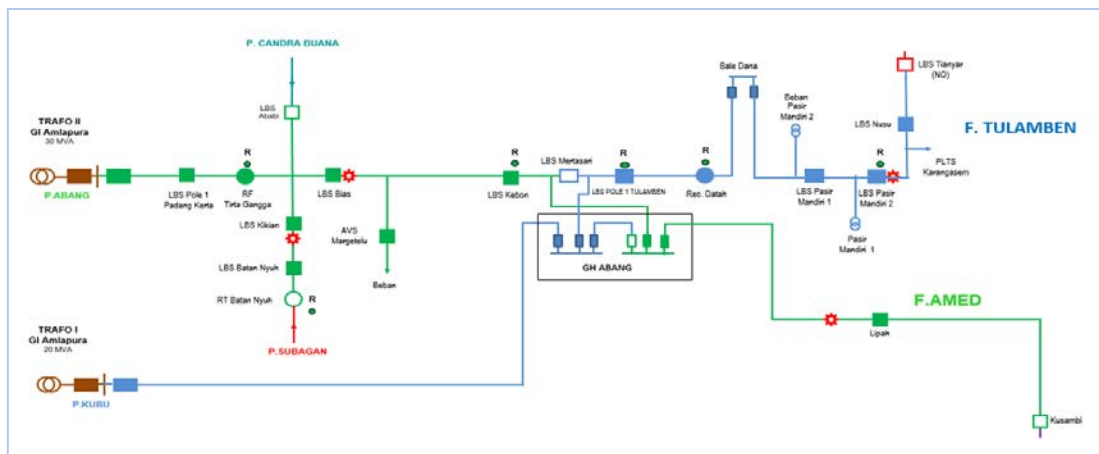
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Single Line Diagram Penyulang Abang Sebelum dan Setelah Rekonfigurasi

Gambar berikut merupakan SLD penyulang Abang sebelum dan setelah rekonfigurasi.



Gambar 1. Penyulang Abang Sebelum Rekonfigurasi



Gambar 2. Penyulang Abang Setelah Rekonfigurasi

4.2 Perhitungan Impedansi Sumber

Impedansi di bus 150 kV dihitung menggunakan persamaan (5):

$$Z_{150kV} = \frac{150^2}{1582,95} = 14,21 \text{ Ohm}$$

Impedansi sumber disisi 20 kV dihitung menggunakan persamaan (2.6):

$$Z_{s20kV} = \frac{20^2}{150^2} \times 14,21 = 0,256 \text{ Ohm}$$

4.3 Perhitungan Impedansi Trafo

Impedansi trafo, dihitung menggunakan persamaan (6):

$$Z_{tr} = \frac{20^2 \times 11\%}{30000} = 1,46 \text{ Ohm}$$

4.4 Perhitungan Impedansi Penyulang

Penghantar yang digunakan penyulang Abang yaitu kabel tanah NA2XSEFGY 240 mm² 135 m, MVTIC 3x150 mm² 1,987 km, dan AAAC/s 3x150 mm² 13,213 km, dan pada *feeder* Amed

menggunakan 2 penghantar kabel tanah NA2XSEFGBY 240 mm² 100 m, dan AAAC/s 3x150 mm² 15,365 km.

Impedansi jaringan yang digunakan adalah pada titik 1% dan 100% panjang jaringan tiap zona. Nilai impedansi jaringan akan digunakan untuk menghitung impedansi ekuivalen. Perhitungan impedansi urutan positif dan urutan negatif pada zona 1 titik 100% adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z_1 = Z_2 &= Z_{1NA2XSEFGBY} + Z_{1MVTIC} \\ &= 0,0168 + j0,013 + 0,4093 + j0,0278 \\ &= 0,4261 + j0,0408 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_0 &= Z_{0NA2XSEFGBY} + Z_{0MVTIC} \\ &= 0,0371 + j0,0039 + 0,4093 + j0,2066 \\ &= 0,4464 + j0,2105 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Berdasarkan data dan perhitungan, maka diperoleh nilai impedansi jaringan zona lainnya yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 1. Impedansi Jaringan Zona 1, Zona 2, dan Zona 3

Titik Jaringan		Z ₁ = Z ₂ (Ohm)		Z ₀ (Ohm)	
		R	jX	R	jX
Zona 1	1%	0,004	0,000	0,004	0,00
	100%	0,426	0,040	0,446	0,21
Zona 2	1%	0,454	0,084	0,494	0,42
	100%	3,282	4,407	5,244	21,5
Zona 3	1%	3,316	4,458	5,3	21,8
	100%	6,617	9,495	10,85	46,4

4.5 Perhitungan Impedansi Ekuivalen

Dengan menggunakan persamaan (9) dan (10) didapatkan nilai impedansi ekuivalen urutan positif, negatif dan nol dengan lokasi gangguan diansumsikan terjadi di 1% panjang penyulang zona 1 :

$$\begin{aligned} Z_{1eq} = Z_{2eq} &= Z_{sumber} + Z_{1T} \\ &\quad + Z_{1penyulang1\%} \\ &= j0,256 + j1,46 + 0,004 + j0,0004 \\ &= 0,004 + j1,997 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{0eq} &= Z_{0T} + 3R_N + Z_{0penyulang1\%} \\ &= j14,6 + 3 \times 40 + 0,0044 + j0,0021 \\ &= 120,004 + j14,602 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, hasil perhitungan impedansi ekuivalen urutan positif, negatif, nol pada titik lokasi gangguan lainnya diperlihatkan seperti pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Impedansi Ekuivalen Jaringan Urutan Positif (Z_{1eq}) dan Urutan Negatif (Z_{2eq}).

Titik Jaringan		Z _{1eq} = Z _{2eq} (Ohm)	
		R	jX
Zona 1	1%	0,004	1,717
	100%	0,426	1,756
Zona 2	1%	0,455	1,801
	100%	3,283	6,126
Zona 3	1%	3,317	6,175
	100%	6,618	11,212

Tabel 3. Impedansi Ekuivalen jaringan Urutan Nol (Z_{0eq}).

Titik Jaringan		Z _{0eq} (Ohm)	
		R	jX
Zona 1	1%	120,004	14,602
	100%	120,446	14,817
Zona 2	1%	120,494	15,024
	100%	125,244	36,181
Zona 3	1%	125,3	36,438
	100%	130,851	61,053

4.6 Perhitungan Gangguan Hubung Singkat

Perhitungan arus gangguan hubung singkat adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} I_{3\phi(20)} &= \frac{V_p}{Z_{1eq}} \\ &= \frac{20000}{\sqrt{3}} \\ &= \frac{0,004 + j1,717}{11,547} \\ &= \frac{\sqrt{0,004^2 + 1,717^2}}{11,547} \\ &= \frac{1,71700465}{11,547} \\ &= 6724,08 \text{ A} \end{aligned}$$

Dengan perhitungan sesuai persamaan (1), (2), (3), didapat hasil arus gangguan hubung singkat di titik lokasi selanjutnya seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa, 2 Fasa dan 1 Fasa terhadap Lokasi Gangguan

Titik Jaringan		I _{f3fasa} (Ampere)	I _{f2fasa} (Ampere)	I _{f1fasa} (Ampere)
Zona 1	1%	6725,08	5824,09	285,44
	100%	6390,38	5534,23	282,38
Zona 2	1%	6216,13	5383,33	282,03
	100%	1661,37	1438,79	246,68
Zona 3	1%	1647,33	1426,63	246,26

a 3	100 %	886,9	768,07	208,02
-----	-------	-------	--------	--------

4.7 Setting OCR, GFR dan Recloser Kondisi Eksisting

Data *setting* kondisi eksisting *relay* OCR, GFR dan *recloser* adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Data *Setting* OCR, GFR dan *Recloser* Kondisi Eksisting

Setting		Relay Penyulang Abang	Recloser Tirtagangga	Relay Feeder Amed
OCR	I set (A)	300	220	150
	TMS (SI)	0,13	0,06	0,05
	t (s)	0,3	0,1	0,1
GFR	I set (A)	50	40	30
	TMS (SI)	0,25	0,15	0,05
	t (s)	0,99	0,53	0,16

4.8 Perhitungan Waktu Kerja Relay

Perhitungan waktu kerja *relay feeder* Amed, *Recloser Tirtagangga*, *Penyulang Abang* menggunakan persamaan (11) dan (12):

1. Feeder Amed:

a. OCR:

$$tms = \frac{0,1 \left[\left[\frac{1647,33}{125,63} \right]^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$tms = 0,03 \text{ SI}$$

$$t = \frac{0,14 \times 0,03}{\left[\frac{1647,33}{125,63} \right]^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,1 \text{ detik}$$

b. GFR:

$$tms = \frac{0,1 \left[\left[\frac{246,26}{24,62} \right]^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$t = \frac{tms}{0,14 \times 0,03} = \frac{\left[\frac{246,26}{24,62} \right]^{0,02} - 1}{\left[\frac{246,26}{24,62} \right]^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,1 \text{ detik}$$

2. *Recloser* Tirtagangga:

a. OCR:

$$tms = \frac{0,2 \left[\left[\frac{6216,13}{134,88} \right]^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$tms = 0,11 \text{ SI}$$

$$t = \frac{0,14 \times 0,11}{\left[\frac{6216,13}{134,88} \right]^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,2 \text{ detik}$$

b. GFR:

$$tms = \frac{0,2 \left[\left[\frac{282,03}{28,2} \right]^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$tms = 0,06 \text{ SI}$$

$$t = \frac{0,14 \times 0,06}{\left[\frac{282,03}{28,2} \right]^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,2 \text{ detik}$$

3. *Penyulang Abang*:

a. OCR:

$$tms = \frac{0,3 \left[\left[\frac{6725,08}{168,82} \right]^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$tms = 0,16 \text{ SI}$$

$$t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left[\frac{6725,08}{168,82} \right]^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,3 \text{ detik}$$

b. GFR:

$$tms = \frac{0,3 \left[\left[\frac{285,44}{28,41} \right]^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$tms = 0,1 \text{ SI}$$

$$t = \frac{0,14 \times 0,1}{\left[\frac{285,44}{28,41} \right]^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,3 \text{ detik}$$

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, didapatkan hasil nilai waktu kerja *relay* OCR, GFR dan *recloser* seperti pada tabel 6 berikut.

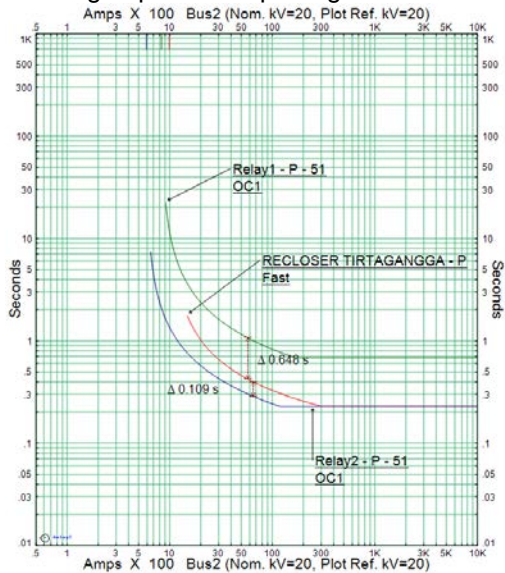
Tabel 6. Data *Setting* OCR, GFR dan *Recloser* Hasil Perhitungan

Setting		Relay Penyulang Abang	Recloser Tirtagangga	Relay Feeder Amed
OCR	Iset (A)	168,82	134,88	125,63
	TMS (SI)	0,16	0,11	0,03
	t (s)	0,3	0,2	0,1
GFR	Iset (A)	28,41	28,2	24,62
	TMS (SI)	0,1	0,06	0,03

t (s)	0,3	0,2	0,1
-------	-----	-----	-----

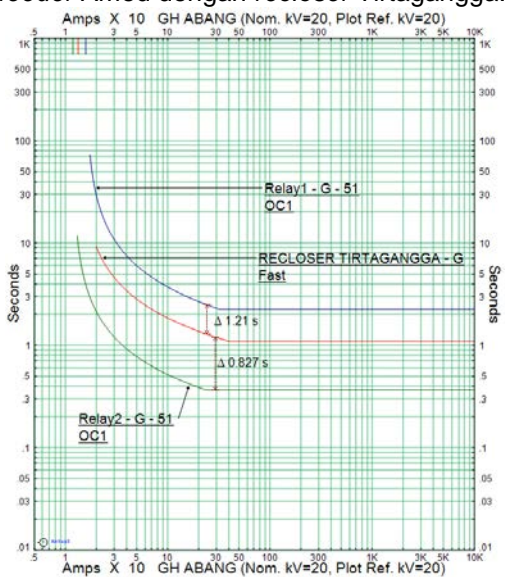
4.9 Analisis Kordinasi OCR, GFR dan Recloser Kondisi Eksisting

Kurva koordinasi *relay* kondisi eksisting dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Kurva Koordinasi OCR Kondisi Eksisting

Kurva koordinasi OCR kondisi eksisting pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa *grading time* antara *relay feeder* Amed (biru) dengan *recloser* Tirtagangga (merah) masih berada dibawah 0,3 detik, ini menunjukkan kurangnya tingkat selektifitas sistem proteksi. Kesalahan koordinasi *setting* OCR juga ditunjukkan dengan adanya kurva yang berhimpit antara *relay feeder* Amed dengan *recloser* Tirtagangga.

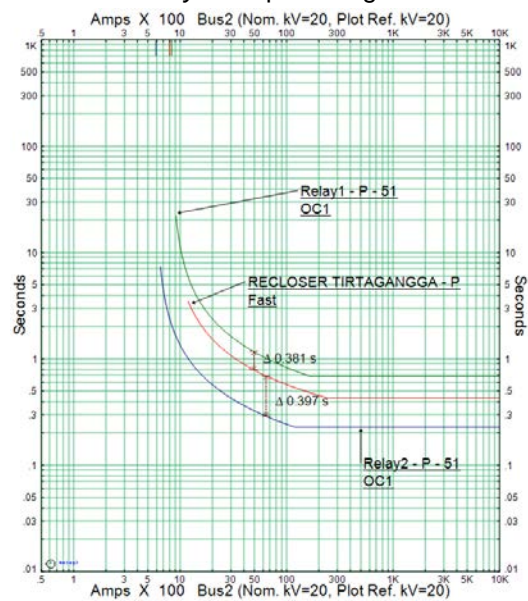


Gambar 4. Kurva Koordinasi GFR Kondisi Eksisting

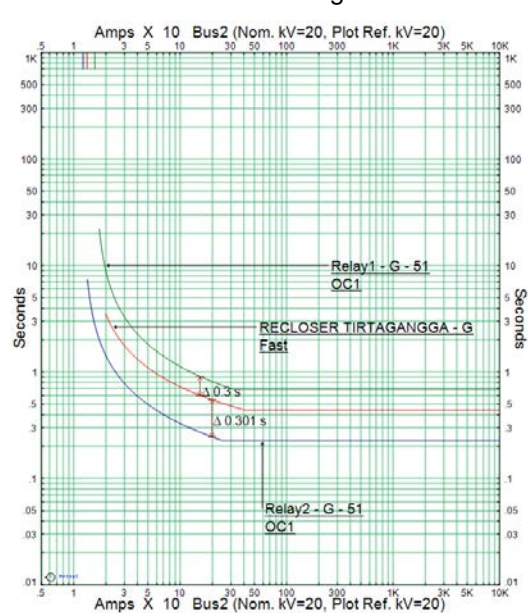
Kurva koordinasi GFR kondisi eksisting pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa selektifitas sistem proteksi hubung singkat pada penyulang Abang dan *feeder* Amed sudah baik. *Grading time* antara ketiga *relay* tersebut bernilai $\geq 0,3$ detik sehingga tidak akan menyebabkan terjadinya *overlap* ataupun bekerja secara bersamaan.

4.10 Analisis Kordinasi OCR, GFR dan Recloser Hasil Perhitungan

Berikut merupakan gambar kurva koordinasi *relay* hasil perhitungan:



Gambar 5. Kurva Koordinasi OCR Hasil Perhitungan



Gambar 6. Kurva Koordinasi GFR Hasil Perhitungan

Berdasarkan kurva koordinasi OCR dan GFR hasil perhitungan pada Gambar 5 dan 6 dapat dilihat bahwa *grading time* antara ketiga *relay* tersebut bernilai $\geq 0,3$ detik sehingga tidak akan menyebabkan terjadinya *overlap* atau bekerja secara bersamaan. Hal ini menunjukkan selektifitas sistem proteksi hubung singkat pada penyulang Abang dan *feeder* Amed sudah baik.

Koordinasi OCR, GFR dan *recloser* hasil perhitungan penyulang Abang dan *feeder* Amed dapat dianalisis bahwa, karena penyulang Abang dan *feeder* Amed masih tersuplai dalam 1 sumber maka harus dilakukan *resetting* proteksi untuk menjaga keandalan dan kontinuitas penyulang dengan setting waktu kerja *relay feeder* Amed 0,1 detik, *recloser* Tirtagangga 0,2 detik dan penyulang Abang 0,3 detik. Dengan *setting* waktu kerja tersebut maka *grading time* hasil kurva koordinasi yang didapat berada pada nilai $\geq 0,3$ detik akan memberikan kesempatan *relay* untuk memerintahkan *circuit breaker* (CB) bekerja, sehingga tidak menyebabkan peralatan proteksi di sisi hulunya bekerja terlebih dahulu (*overlap*) atau bekerja secara bersamaan. Koordinasi sistem proteksi yang memenuhi syarat selektif, cepat, dan andal akan meminimalisir luasnya daerah padam.

5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Koordinasi *setting* OCR kondisi eksisting *relay feeder* Amed dengan *recloser* Tirtagangga masih kurang baik. Selisih waktu kerja (*grading time*) antara *relay feeder* Amed (biru) dengan *recloser* Tirtagangga (merah) masih sangat kecil, ini menunjukkan kurangnya tingkat selektifitas sistem proteksi. *Grading time* ini berpotensi terjadinya *trip* bersamaan antara *relay* OCR *feeder* Amed dengan *recloser* Tirtagangga.
2. *Resetting* proteksi OCR *feeder* Amed didapat nilai $t = 0,1$ detik, OCR *recloser* Tirtagangga didapat nilai $t = 0,2$ detik, dan OCR penyulang Abang didapat nilai $t = 0,3$ detik. *Resetting* proteksi GFR *feeder* Amed didapat nilai 0,1 detik, GFR *recloser* Tirtagangga 0,2 detik, dan

GFR penyulang Abang 0,3 detik. Selektifitas sistem proteksi sudah memenuhi syarat sistem proteksi yang baik dengan nilai *grading time* 0,3 detik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Iswara I K. Windu, Arjana G. Dyana dan Wijaya W. Artha. Analisa *Setting* Relai Pengaman Akibat Rekonfigurasi Pada Penyulang Blahbatuh. E-Jurnal SPEKTRUM. Vol. 2, No. 2 Juni 2015: 74.
- [2] Wicaksono Henki Projo, Hernanda I.G.N. Satriyadi, dan Penangsang Ontoseno. Analisis Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Program Analisis Kelistrikan Transien dan Metode *Section Technique*. JURNAL TEKNIK ITS Vol. 1, No. 1 (Sept. 2012): B-153.
- [3] PT. PLN (Persero) Area Bali Timur, "Data Aset Distribusi PT. PLN (Persero) Area Bali Timur," PT. PLN (Persero), 2018.
- [4] Fajar Pranayuda, Achmad Solichan, M.Toni Prasetyo. Analisis Penyetelan Proteksi Arus Lebih Penyulang Cimalaka Di Gardu Induk 70 Kv Sumedang. Media Elektrika, Vol. 5 No. 2, Desember 2012: 12.
- [5] Ngedi Temi Timotius D. Penggunaan Over Current Relay Dalam Sistem Tenaga Listrik. Makalah Proteksi Sistem Tenaga Listrik. Kupang. 2016: 5.
- [6] Indra Gunawan. Analisa *Resetting Over Current Relay* Dan *Ground Fault Relay* Pada Trafo 60 MVA 150/20 Kv Dan Penyulang 20 Kv Gardu Induk Padang Sambian. Universitas Udayana. Bukit Jimbaran. 2018.
- [7] Nasrul, St., M. Kom. Setting Relai Gangguan Tanah (Gfr) Outgoing Gh Tanjung Pati Feeder Taram Pt. Pln (Persero) Rayon Lima Puluh Kota. Jurnal Teknik Elektro Itp, Vol. 6, No. 2, Juli 2017: 182.
- [8] Mega Firdausi N, Hery Purnomo, Ir., M.T., Teguh Utomo, Ir., M.T. Analisis Koordinasi Rele Arus Lebih Dan Penutup Balik Otomatis (*Recloser*) Pada Penyulang Junrejo 20 Kv Gardu Induk Sengkaling Akibat Gangguan Arus Hubung Singkat. Universitas Brawijaya: 3.