

STUDI KERJA PROTEKSI RELAI OCR DAN GFR PADA PENYULANG ULUWATU SETELAH REKONFIGURASI

Galih Budi Santosa¹, I Gede Dyana Arjana², I Wayan Arta Wijaya³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Bukit Jimbaran, Bali

Email: ¹galihbudi@student.unud.ac.id, ²dyanaarjana@ee.unud.ac.id, ³artawijaya@ee.unud.ac.id

ABSTRAK

PT. PLN (Persero) Area Bali Selatan membangun GIS Pecatu meratakan beban, meningkatkan pelayanan serta keandalan sistem penyaluran tenaga listrik. Perpindahan beban listrik menuju GIS Pecatu merubah konfigurasi Penyulang Pecatu menjadi Penyulang Uluwatu dan Penyulang Labuan Sait. Perubahan arus beban dan impedansi jaringan membawa dampak pada arus gangguan hubung singkat. Perhitungan arus gangguan hubung singkat menjadi dasar penentuan waktu kerja relai OCR dan GFR antara *recloser* dengan PMT pangkal penyulang. *Setting* waktu regulasi PLN pada awal proteksi yaitu 0,1 detik menghilangkan arus gangguan lebih cepat dibandingkan standar IEC 60255 sebesar 0,3 detik. Hasil penelitian didapatkan nilai waktu Tms regulasi PLN sebesar 0,076 SI dan 0,033 SI. Hasil perhitungan Tms standar IEC 60255 didapatkan waktu (Tms) 0,23 SI dan 0,09 SI. Hasil simulasi *setting* relai regulasi PLN dan IEC 60255 berkerja dengan baik dengan nilai *grading time* 0,2 – 0,4 detik.

Kata kunci : Gangguan hubung singkat, OCR, GFR, *recloser*

ABSTRACT

PT. PLN (Persero) South Bali Area built the Pecatu GIS to level the load, improve service and reliability of the electricity distribution system. The transfer of electrical loads to the Pecatu GIS changes the configuration of the Pecatu feeder to the Uluwatu feeder and the Labuan Sait feeder. Changes in load current and network impedance have an impact on short-circuit fault currents. The calculation of short-circuit fault current becomes the basis for determining the working time of the OCR and GFR relays between the recloser and the feeder base PMT. The relay working time based of the PLN regulation setting protection at 0,1 seconds to eliminate fault currents and IEC 60255 standard take 0,3 seconds to eliminate fault currents. The results of the study showed that the time value of PLN's regulation Tms was 0,076 SI and 0,033 SI. The results of the calculation of (Tms) standard IEC 60255 obtained time (Tms) 0,23 SI and 0,09 SI. The simulation results of the PLN regulation relay settings and IEC 60255 work well with a grading time value of 0,2 – 0,4 seconds.

Key Words : Short circuit fault, OCR, GFR, *recloser*

1. PENDAHULUAN

PT. PLN (Persero) Area Bali Selatan membangun GIS Pecatu sebagai bentuk peningkatan pelayanan dan kehandalan sistem tenaga listrik yang ada di sistem Bali. Penambahan GIS Pecatu membuat perubahan konfigurasi sistem penyaluran tegangan menengah. Perubahan nilai arus dan impedansi jaringan berimbang pada nilai

arus gangguan hubung singkat, sehingga menyebabkan sistem proteksi saluran perlu distribusi disetting ulang untuk mendapatkan kinerja yang andal dan selektif meliputi *setting* waktu (Tms) dan arus *setting* (I_{set}) [1].

Penyetelan *over current relay* (OCR) dan *ground fault relay* (GFR) harus sesuai syarat seperti kecepatan operasi,

sensitivitas yang baik, selektifitas, keandalan, stabilitas dan pertimbangan ekonomis dimaksudkan untuk menjamin kontinuitas penyaluran daya sistem [2]. *Setting* kerja relai OCR dan GFR berdasarkan regulasi PLN berbeda dengan standar IEC 60255 tentang *setting* waktu relai. Waktu relai yang digunakan oleh PLN adalah 0,1 detik, berbeda dengan standar yang dikeluarkan IEC yakni 0,3 detik bertujuan menghilangkan arus gangguan dengan cepat. Relai proteksi di lokasi yang berbeda dapat mendekati arus gangguan sesuai kebutuhan sistem [3]. Koordinasi peralatan proteksi dibutuhkan sistem dalam mengisolasi gangguan sesuai kebutuhan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Tenaga Listrik Penyulang Uluwatu

Penyulang Uluwatu memiliki panjang saluran 27,69 kms terdiri dari kabel udara (SUTM) MVTIC 150 mm², dan A3CS 150 mm² dan kabel tanam (SKTM) XLPE 240 mm². Daya terpasang penyulang 11250 kVA dengan jumlah 76 buah transformator distribusi menggunakan sistem operasi *openloop* disuplay dari Trafo 1x60 MVA GIS Pecatu [4].

2.2 Gangguan Hubung Singkat

Gangguan sistem pada distribusi terdiri dari gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah, hubung singkat 2 fasa dan hubung singkat 3 fasa. Nilai arus gangguan hubung singkat sistem jaringan 20 kV mengaplikasikan persamaan [5]:

1. Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah

$$I_{SC1\phi} = \frac{3V_{LN}}{Z_1+Z_2+Z_0} \quad (1)$$

2. Gangguan hubung singkat 2 fasa

$$I_{SC2\phi} = \frac{V_{LL}}{Z_1+Z_2} \quad (2)$$

3. Gangguan hubung singkat 3 fasa

$$I_{SC3\phi} = \frac{V_{LN}}{Z_1} \quad (3)$$

Keterangan :

$I_{SC1\phi}$ = Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah (A)

$I_{SC2\phi}$ = Arus gangguan hubung singkat 2 fasa (A)

$I_{SC3\phi}$ = Arus gangguan hubung singkat

3 fasa (A)

V_{LN} = Tegangan fasa netral (V)

V_{LL} = Tegangan antara 2 fasa (V)

Z_1 = Impedansi urutan positif (Ohm)

Z_2 = Impedansi urutan negatif (Ohm)

Z_0 = Impedansi urutan nol (Ohm)

2.3 Impedansi Sumber

Besar nilai impedansi sumber sisi tegangan 150 kV dan 20 kV dicari menggunakan persamaan [5]:

Impedansi sumber 150 kV

$$Z_{s150kV} = \frac{kV_p^2}{MVA_{hs}} \quad (4)$$

Impedansi sumber 20 kV

$$Z_{s20kV} = \frac{kV_s^2}{kV_p^2} \times Z_{s150kV} \quad (5)$$

Keterangan:

Z_{s150kV} = Impedansi sumber sisi tegangan 150 kV (Ohm)

Z_{s20kV} = Impedansi sumber sisi tegangan 20 kV (Ohm)

kV_p = Tegangan sisi primer (V)

kV_s = Tegangan sisi sekunder (V)

2.4 Impedansi Transformator

Impedansi yang dihitung adalah nilai reaktansi transformator menggunakan persamaan [5] :

$$X_t = \frac{V_s^2 Z_t}{1000} \quad (6)$$

Keterangan :

X_t = Reaktansi trafo (Ohm)

V_s = Tegangan nominal sisi sekunder (V)

Z_t = Impedansi (Ohm)

S = Daya trafo (VA)

2.5 Impedansi Penyulang

Gangguan hubung singkat 1 fasa ketanah, 2 fasa, dan 3 fasa memiliki impedansi berbeda sesuai gangguan dan tegangan yang memasok arus ke titik gangguan. Perhitungan impedansi urutan positif, negatif, nol dan ekuivalen penyulang dari sumber tegangan sampai titik gangguan adalah sebagai berikut [5]:

1. Impedansi urutan positif dan negatif

$$Z_1 = Z_2 = \text{Panjang Penyulang (km)} \times Z_{1 \text{ penghantar (Ohm)}} \quad (7)$$

2. Impedansi urutan nol

$$Z_0 = \text{Panjang Penyulang (km)} \times Z_{0 \text{ penghantar (Ohm)}} \quad (8)$$

3. Impedansi ekuivalen urutan positif dan negatif

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{sumber} + X_{1T} + Z_1 \quad (9)$$

4. Impedansi ekuivalen urutan nol

$$Z_{0eq} = X_{0T} + 3R_N + Z_0 \quad (10)$$

Keterangan :

Z_1 = Impedansi urutan positif (Ohm)

Z_2 = Impedansi urutan negatif (Ohm)

Z_0 = Impedansi urutan nol (Ohm)

Z_{1eq} = Impedansi ekuivalen jaringan urutan positif (Ohm)

Z_{2eq} = Impedansi ekuivalen jaringan urutan negatif (Ohm)

Z_{0eq} = Impedansi ekuivalen jaringan urutan nol (Ohm)

X_{1T} = Reaktansi trafo urutan positif (Ohm)

X_{0T} = Reaktansi trafo urutan nol (Ohm)

R_N = Resistansi Pentanahan (Ohm)

Z_{sumber} = Impedansi sumber (Ohm)

Z_{1pengh} = Impedansi penghantar urutan positif (Ohm)

Z_{2pengh} = Impedansi penghantar urutan negatif (Ohm)

Z_{0pengh} = Impedansi penghantar urutan nol (Ohm)

2.5 Sistem Proteksi

Gangguan sistem distribusi sepenuhnya hampir merupakan gangguan hubung singkat yang menimbulkan arus cukup besar. Sistem proteksi mengamankan peralatan listrik mencegah atau membatasi kerusakan sehingga kelangsungan penyaluran listrik dapat dipertahankan [6]. Alat pengaman diperlukan untuk melepaskan atau membuka sistem terganggu, sehingga arus gangguan dapat dihilangkan. Syarat-syarat sistem proteksi pada sistem tenaga listrik antara lain sistem proteksi harus dapat mengisolir gangguan dengan cepat dan sensitif, dalam hal ini digambarkan dengan perhitungan *setting* relai yang tepat. Sistem proteksi juga harus selektif dan handal, hal ini digambarkan dengan koordinasi antar relai dalam sistem proteksi.

2.5 Recloser

Recloser (penutup balik) merupakan peralatan pengaman sistem distribusi yang berfungsi mengamankan suatu sistem dari

arus lebih yang diakibatkan adanya gangguan hubung singkat [9].

2.5.1 Over Current Relay (OCR)

Relai berprinsip pada kenaikan arus terhadap nilai *setting* pengaman dalam jangka waktu yang telah ditentukan. OCR mendeteksi arus gangguan antar fasa. *Time multiple setting* (Tms) menentukan *setting* waktu kerja relai memerintah pemutus tenaga bekerja (*trip*) sesuai dengan karakteristik waktunya [5]. *Setting* arus dan waktu kerja (Tms) OCR dicari menggunakan persamaan [1],[10],[11]:

Setting arus primer

$$I_{Set\ primer} = 1,05\ s/d\ 1,3 \times I_{Nominal} \quad (11)$$

Setting arus sekunder

$$I_{Set\ sekunder} = I_{Set(primer)} \times \frac{1}{Rasio\ CT} \quad (12)$$

Setting Waktu Tms

$$Tms = \frac{t \times \left(\frac{I_f}{I_{Set}} \right)^\beta - 1}{\alpha} \quad (13)$$

Keterangan :

$I_{Set\ primer}$ = Setelan arus primer (A)

$I_{Set\ sekunder}$ = Setelan arus sekunder (A)

$I_{Nominal}$ = Arus nominal trafo (A)

$Rasio\ CT$ = Rasio trafo arus

Tms = *Time multiple setting* (s)

t = Waktu kerja relai (s)

I_f = Arus gangguan (A)

I_{set} = Arus *setting* (A)

α dan β = Konstanta jenis karakteristik *relay inverse*

2.5.2 Ground Fault Relay (GFR)

GFR mendeteksi kenaikan arus netral pada saluran akibat arus gangguan hubung singkat 1 fasa ketanah. *Setting* arus GFR dapat dihitung menggunakan persamaan [1]:

$$I_{Set\ primer} = 6\% \ S/d\ 12\% \times I_{HS\ terkecil} \quad (14)$$

Keterangan:

$I_{Set\ primer}$ = Setelan arus primer (A)

$I_{HS\ terkecil}$ = Arus hubung singkat terkecil (A)

3. METODOLOGI PENELITIAN

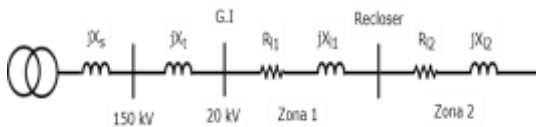
Tempat pelaksanaan penelitian di Penyulang Uluwatu GIS Pecatu pada bulan Mei-Juni 2021. Tahapan analisis penelitian sebagai berikut :

1. Pengumpulan data parameter teknis saluran Penyulang Uluwatu GIS Pecatu.
2. Menghitung nilai Impedansi sumber, impedansi transformator, impedansi penyulang dan impedansi ekuivalen.
3. Menghitung arus gangguan hubung singkat 1 phasa ketanah, 2 phasa dan 3 phasa.
4. Menghitung *setting* waktu kerja relai OCR dan GFR.
5. Melakukan pengujian hasil nilai *setting* relai OCR dan GFR Penyulang Uluwatu pada *software* ETAP.
6. Menganalisis hasil simulasi dan menarik kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Impedansi Penyulang Uluwatu

Impedansi ekuivalen Penyulang Uluwatu berasal dari penjumlahan nilai impedansi pada sistem yaitu: impedansi sumber, impedansi transformator, dan impedansi penyulang [9].



Gambar 1. Impedansi Penyulang Uluwatu

4.1.1 Impedansi Sumber

Impedansi sumber tegangan 150 kV dihitung menggunakan persamaan (4) :

$$Z_{s150kV} = \frac{kV_p^2}{MVA_{hs}} = \frac{150^2}{2269.41} = 9.914 \text{ Ohm}$$

Impedansi sumber tegangan 20 kV dihitung menggunakan persamaan (5) :

$$Z_{s20kV} = \frac{kV_s^2}{kV_p^2} \times Z_{s150kV} = \frac{20^2}{150^2} \times 9.914 \text{ Ohm} = 0.176 \text{ Ohm}$$

4.1.2 Impedansi Transformator

Impedansi trafo dihitung dengan menggunakan persamaan (6) :

$$X_{tr} = \frac{V_s^2 Z_t}{S} = \frac{10000}{1000}$$

$$= \frac{20^2 \times 12.5\%}{\frac{60000}{1000}} = 0.834 \text{ Ohm}$$

4.1.3 Impedansi Penyulang

Saluran Penyulang Uluwatu terdiri dari 3 penghantar campuran yakni kabel udara (SUTM) MVTIC 150 mm², dan A3CS 150 mm² dan kabel tanam (SKTM) XLPE 240 mm².

Penyulang terbagi menjadi 2 zona dihubungkan *recloser* Temu Dewi. Impedansi jaringan digunakan adalah panjang lokasi 1% dan 100% pajang jaringan masing-masing zona [1]. Perhitungan nilai impedansi urutan positif, urutan negatif dan urutan nol dicari dengan persamaan (7) dan (8) :

$$Z_1 = Z_2 \text{Peny} = Z_{1A3CS} + Z_{1MVTIC} + Z_{1XLPE} = (1.253 + j 2.112) + (0.610 + j 0.308) + (0.141 + j 0.109) = 2.005 + j 2.530 \text{ Ohm}$$

$$Z_0 \text{Peny} = Z_{0A3CS} + Z_{0MVTIC} + Z_{0XLPE} = (2.199 + j 10.342) + (1.055 + j 0.924) + (0.310 + j 0.0327) = 3.565 + j 11.299 \text{ Ohm}$$

Data nilai impedansi Penyulang Uluwatu masing-masing zona ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Impedansi Penyulang Uluwatu Zona 1 dan Zona 2

Panjang Jaringan	Urutan Positif Z ₁ =Z ₂ (Ohm)	Urutan Nol Z ₀ (Ohm)			
		R	jX		
Zona 1	1%	0.0200	0.0253	0.0356	0.1129
	100%	2.0053	2.5304	3.5654	11.2997
Zona 2	1%	0.0343	0.0401	0.0599	0.1812
	100%	3.4310	4.0114	5.9933	18.125

4.1.4 Impedansi Ekuivalen

Perhitungan impedansi ekuivalen Penyulang Uluwatu digunakan untuk menghitung arus gangguan hubung singkat pada jaringan diperoleh dengan persamaan (9) dan (10) :

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{sumber} + X_{1T} + Z_{1penyulang100\%} = j 0,176 + j 0,834 + 2,0053 + j 142,815 = 2,0053 + j 3,5400 \text{ Ohm}$$

$$Z_{0eq} = X_{0T} + 3R_N + Z_{0penyulang100\%} = j 7,93 + 3 \times 40 + 3,5654 + j 11,2997$$

$$= 123,5654 + j 19,6331 \text{ Ohm}$$

Nilai impedansi ekuivalen Penyulang Uluwatu masing-masing zona dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Impedansi Ekuivalen Penyulang Uluwatu Zona 1 dan Zona 2

Panjang Jaringan		Urutan Positif Z ₁ =Z ₂ (Ohm)		Urutan Nol Z ₀ (Ohm)	
		R	jX	R	jX
		Zona 1	1%	0,02005	1,0348
	100%	2,0053	3,5400	123,5654	19,6331
Zona 2	1%	2,0391	3,5801	123,6253	19,8143
	100%	5,4363	7,5515	129,5588	37,7589

4.2 Gangguan Hubung Singkat

Besar arus gangguan hubung singkat penyulang dicari menggunakan persamaan (1), (2) dan (3) :

1. Arus gangguan 1 fasa ketanah

$$I_{SC2\phi} = \frac{V_{LL}}{Z_{1eq\ 100\% \text{ zona 1}} + Z_{2eq\ 100\% \text{ zona 1}}}$$

$$= \frac{20000}{\sqrt{3} \times 2 \times (2,0053 + j 3,5400) + (123,5654 + j 19,6331)}$$

$$= \frac{20000}{\sqrt{(4,0106 + j 7,080)^2 + (123,5654 + j 19,6331)^2}}$$

$$= 259,965 \text{ A}$$

2. Arus gangguan 2 fasa

$$I_{SC2\phi} = \frac{V_{LL}}{Z_{1eq\ 100\% \text{ zona 1}} + Z_{2eq\ 100\% \text{ zona 1}}}$$

$$= \frac{20000}{2 \times (2,0053 + j 3,5400)}$$

$$= \frac{20000}{2 \times \sqrt{2,0053^2 + j 3,5400^2}}$$

$$= 2457,890 \text{ A}$$

3. Arus gangguan 3 fasa

$$I_{SC3\phi} = \frac{V_{LN}}{Z_{1eq\ 100\% \text{ zona 1}}}$$

$$= \frac{20000}{\sqrt{3} \times (2,0053 + j 3,5400)}$$

$$= \frac{11,547}{\sqrt{2,0053^2 + j 3,5400^2}}$$

$$= 2838,127 \text{ A}$$

Nilai arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah, 2 fasa, dan 3 fasa Penyulang Uluwatu dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Arus Gangguan Hubung Singkat Penyulang Uluwatu

Panjang Jaringan		I _{SC1φ (A)}	I _{SC2φ (A)}	I _{SC3φ (A)}
Zona 1	1%	283,009	9661,011	11155,575
	100%	259,965	2457,890	2838,127
Zona 2	1%	259,592	2426,974	2802,428
	100%	225,588	1074,714	1240,973

4.3 Setting Relai OCR dan GFR Kondisi Eksisting

Setting OCR dan GFR Penyulang Uluwatu kondisi eksisting berdasarkan regulasi PT. PLN (Persero) Area Bali Selatan.

1. Setting Arus Relai OCR

Besar nilai arus nominal (*I_{nom}*) mengalir pada *recloser* sebesar 15,04 A dan *outgoing* penyulang sebesar 31,95 A digunakan untuk mencari nilai *setting* arus (*I_{set primer}*) dan arus (*I_{set sekunder}*) OCR dengan persamaan (11) dan (12) :

Sisi *Recloser*

$$I_{set\ primer} = 1,2 \times I_{Nominal}$$

$$= 1,2 \times 15,04$$

$$= 18,048 \text{ A}$$

$$I_{set\ sekunder} = I_{set\ primer} \times \frac{1}{Rasio\ CTs}$$

$$= 18,048 \times \frac{1}{\frac{300}{5}}$$

$$= 0,3 \text{ A}$$

Sisi *Outgoing* Penyulang

$$I_{set\ primer} = 1,2 \times I_{Nominal}$$

$$= 1,2 \times 31,95$$

$$= 38,34 \text{ A}$$

$$I_{set\ sekunder} = I_{set\ primer} \times \frac{1}{Rasio\ CTs}$$

$$= 38,34 \times \frac{1}{\frac{600}{5}}$$

$$= 0,3195 \text{ A}$$

2. Setting Tms Relai OCR

Perhitungan waktu kerja OCR pada sisi *recloser* dan *outgoing* penyulang dicari menggunakan persamaan (13) :

Sisi *Recloser*

$$t = \frac{a \times Tms}{\left(\left(\frac{I_f}{I_{set\ primer}} \right)^\beta \right) - 1}$$

$$0,1 = \frac{0,14 \times Tms}{\left(\left(\frac{2802,428}{18,048}\right)^{0,02}\right) - 1}$$

$$Tms = 0,076 \text{ SI}$$

Sisi *Outgoing* Penyulang

$$t = \frac{a \times Tms}{\left(\left(\frac{I_f}{I_{set \text{ primer}}}\right)^\beta\right) - 1}$$

$$0,3 = \frac{0,14 \times Tms}{\left(\left(\frac{2802,428}{38,34}\right)^{0,02}\right) - 1}$$

$$Tms = 0,256 \text{ SI}$$

3. Setting Arus Relai GFR

Arus gangguan hubung singkat 1 fasa ketanah terkecil pada masing-masing zona digunakan untuk menghitung nilai *setting* arus ($I_{set \text{ primer}}$) dan arus ($I_{set \text{ sekunder}}$) pada relai GFR menggunakan persamaan (12) dan (14) :

Sisi *Recloser*

$$\begin{aligned} I_{set \text{ primer}} &= 12 \% \times I_{HS \text{ 1phasa}} \\ &= 0,12 \times 225,588 \\ &= 27,07 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{set \text{ sekunder}} &= I_{set \text{ primer}} \times \frac{1}{\text{Rasio CT}} \\ &= 27,07 \times \frac{1}{\frac{300}{5}} \\ &= 0,45 \text{ A} \end{aligned}$$

Sisi *Outgoing* Penyulang

$$\begin{aligned} I_{set \text{ primer}} &= 10 \% \times I_{HS \text{ 1phasa}} \\ &= 0,1 \times 259,97 \\ &= 25,997 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{set \text{ sekunder}} &= I_{set \text{ primer}} \times \frac{1}{\text{Rasio CT}} \\ &= 25,997 \times \frac{1}{\frac{600}{5}} \\ &= 0,216 \text{ A} \end{aligned}$$

4. Setting Tms Relai GFR

Perhitungan waktu kerja relai GFR pada sisi *recloser* dan *outgoing* penyulang dicari menggunakan persamaan (13) :

Sisi *Recloser*

$$t = \frac{a \times Tms}{\left(\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^\beta\right) - 1}$$

$$0,1 = \frac{0,14 \times Tms}{\left(\left(\frac{259,59}{27,07}\right)^{0,02}\right) - 1}$$

$$Tms = 0,033 \text{ SI}$$

Sisi *Outgoing* Penyulang

$$t = \frac{a \times Tms}{\left(\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^\beta\right) - 1}$$

$$0,3 = \frac{0,14 \times Tms}{\left(\left(\frac{259,588}{21,6}\right)^{0,02}\right) - 1}$$

$$Tms = 0,135 \text{ SI}$$

Nilai *setting* OCR dan GFR regulasi PLN ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. *Setting* Relai OCR dan GFR menurut standar IEC 60255

	Setting	Recloser	Outgoing Penyulang
OCR	$I_{set \text{ primer}}$ (A)	18.048	38.340
	$I_{set \text{ sec}}$ (A)	0.301	0.320
	Tms	0.076	0.256
	t	0.1	0.298
GFR	$I_{set \text{ primer}}$ (A)	27.071	25.959
	$I_{set \text{ sec}}$ (A)	0.451	0.216
	Tms	0.033	0.135
	t	0.1	0.385

4.4 Setting Relai OCR dan GFR Standar IEC 60255

Data *setting* arus dan waktu kerja (Tms) relai OCR dan GFR pada Penyulang Uluwatu berdasarkan standar IEC 60255 sebagai berikut :

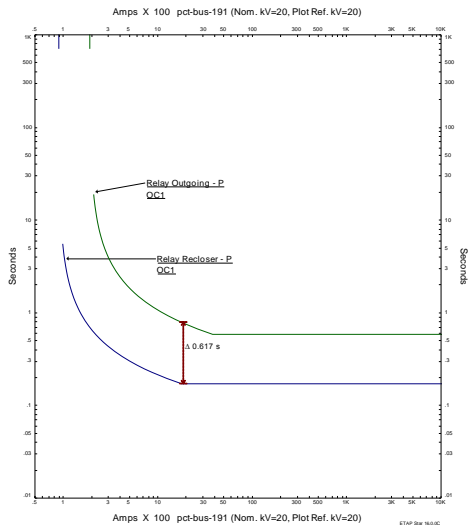
Tabel 5. *Setting* Relai OCR dan GFR menurut standar IEC 60255

	Setting	Recloser	Outgoing Penyulang
OCR	$I_{set \text{ primer}}$ (A)	15,79	33,54
	$I_{set \text{ sec}}$ (A)	0,26	0,27
	Tms	0,23	0,46
	t	0,3	0,52
GFR	$I_{set \text{ primer}}$ (A)	27,07	25,95
	$I_{set \text{ sec}}$ (A)	0,45	0,21
	Tms	0,09	0,23
	t	0,3	0,67

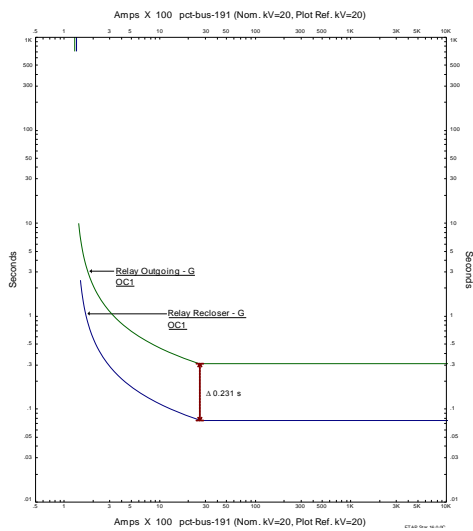
4.4 Analisa Koordinasi Relai OCR dan GFR Penyulang Uluwatu

Simulasi dilakukan menggunakan "*star-protective device coordination*" dengan memasukan parameter data *setting* relai kondisi eksisting dan standar IEC 60255 dimasukan kedalam *software* ETAP

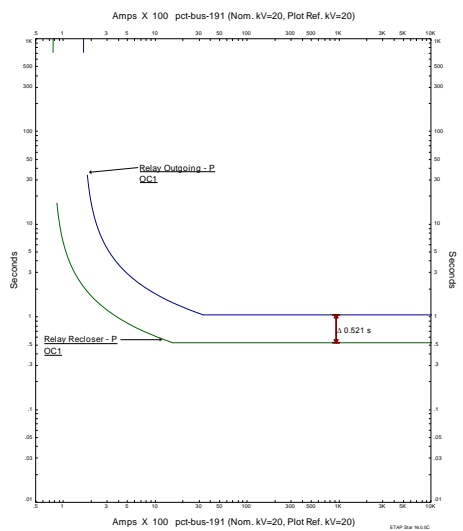
menghasilkan kurva koordinasi relai OCR dan GFR.



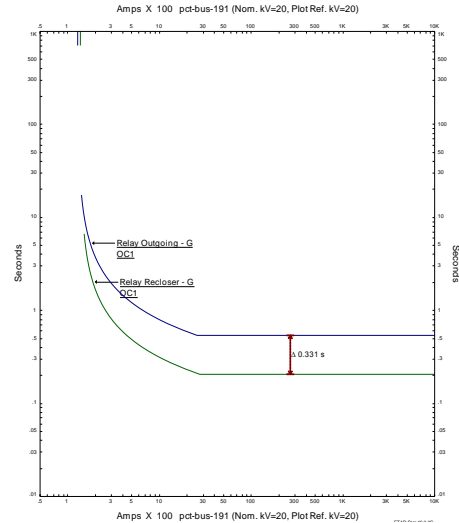
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2. Kurva Koodinasi Relai (a) OCR kondisi eksisting, (b) GFR kondisi eksisting, (c) OCR standar IEC 60255, (d) GFR standar IEC 60255

Kurva koordinasi relai OCR dan GFR antara *recloser* dengan *outgoing* penyulang pada Gambar 2 menunjukkan ketika terjadi gangguan pada ujung jaringan maka relai OCR dan GFR pada sisi *recloser* bekerja terlebih dahulu dan relai pada *outgoing* sebagai back up protection sistem dalam posisi stand by. Gambar 2 (a) dan (c) menunjukkan *setting* nilai arus relai OCR sesuai regulasi PLN 0.301 A lebih besar dibandingkan *setting* arus IEC 60255 sebesar 0.26 A bertujuan relai tidak bekerja terhadap nilai arus gangguan kecil.

Waktu kerja relai OCR dan GFR regulasi PLN awal proteksi sebesar 0,1 detik lebih kecil dibandingkan standar IEC 60255 yaitu 0,3 detik bertujuan menghilangkan arus gangguan lebih cepat. Koordinasi relai OCR dan GFR sesuai regulasi PLN dengan IEC 60255 sudah cukup selektif, dengan nilai *grading time* OCR regulasi PLN 0,617 detik dan standar IEC 0,521 detik, GFR regulasi PLN 0.213 detik, dan standar IEC 0,331 detik sesuai standar sensitifitas dan kecepatan relai IEEE 242-1986 dan IEC 60255 yaitu batas waktu kerja antara dua buah relai sebesar 0,2-0,4 detik [11], [12].

5. KESIMPULAN

Kesimpulan dari analisis dapat dituangkan kedalam beberapa poin sebagai berikut:

1. Kondisi *setting* arus berdasarkan regulasi PT. PLN (Persero) Area Bali Selatan didapatkan arus *setting* OCR sebesar 0.301 A (*recloser*) / 0.32 A (pangkal penyulang) lebih besar dari *setting* berdasarkan standar IEC 60255 didapatkan arus *setting* OCR sebesar 0.26 A (*recloser*) / 0.27 A (pangkal penyulang) menyebabkan frekuensi PMT bekerja menurun sehingga memperpanjang umur peralatan.
2. Kondisi *setting* waktu Tms regulasi PT. PLN (Persero) Area Bali Selatan didapatkan waktu Tms OCR sebesar 0.076 SI (*recloser*) / 0.256 SI (pangkal penyulang) lebih cepat dari *setting* waktu Tms berdasarkan standar IEC 60255 didapatkan waktu Tms OCR sebesar 0.23 SI (*recloser*) / 0.46 SI (pangkal penyulang) menyebabkan arus gangguan cepat menghilang sebab tidak ada sumber tegangan.
3. Hasil simulasi koordinasi proteksi relai OCR dan GFR pada penyulang Uluwatu berdasarkan regulasi PT, PLN (Persero) Area Bali Selatan dan Teori sudah sesuai dengan standar IEEE 242-1986 dan IEC 60255 dengan nilai nilai *grading time* antara relai yang berdekatan sebesar 0,2-0,4 detik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahyudi Sarimun N. *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Depok: Garamond. 2016
- [2] Shahnas Anisa. *Analisis Setting Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) Pada Recloser Hangtuh Feeder Kulim PT.PLN (Persero) Area Pekanbaru Riau: UIN SUSKA RIAU*. 2019
- [3] Rudianto Putra Pratama. *Perancangan Sistem Proteksi (Over Current dan Ground Fault Relay) Untuk Koordinasi Pengaman Sistem Kelistrikan PT. Semen Gresik Pabrik Tuban IV*. E-journal Teknik ITS.
- [4] PT. PLN (Persero) Area Bali Selatan. Data Aset Distribusi PT, PLN (Persero) Area Bali Selatan. Denpasar. 2020
- [5] PT. PLN (Persero) APD Bali. *Proteksi PLN APD Bali*. Denpasar.2015
- [6] Engla Pafela, Eddi Hamdani. *Studi Penyetelan Relay Arus Lebih (OCR) Pada Gardu Induk Teluk Lembu Pekanbaru*. E-Journal Jom FTEKNIK. 2017. Vol.4, No.1
- [7] Isa Abdullah, Juningtyastuti, Susatyo Handoko. *Evaluasi Setting Relay OCR, GFR dan Recloser Pasca Rekonfigurasi Penyulang Distribusi Pada Trafo 2 Gardu Induk Sronol Semarang Menggunakan Etap 12.6.0*. E-Jurnal TRANSIENT.2016.Vol.5, No.3
- [8] 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*. Bukit Jimbaran : Universitas Udayana. 2018
- [9] A. A Gde Agung Semarabawa, Tjok. Gede Indra Partha, I Gede Dyana Arjana. *Analisis Ressetting Proteksi Over Current Relay, Ground Fault Relay dan Recloser Pada Penyulang Abang dan Feeder Amed Setelah Rekonfigurasi*.E-Journal SPEKTRUM. 2019. Vol.6, No.4
- [10] British Standart 142. *Electical Protection Relays Spesification for Thermal Electrical Relays*. London. 1991
- [11] GEC Alstom. *Protective Relays Application Guide*. Stafford. England.1987
- [12] IEEE Standart Association 242. *Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power System*. New York.1986