Studi Analisis Koordinasi *Over Current Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR) pada *Recloser* di Saluran Penyulang Penebel

I D.G.Agung Budhi Udiana[1], I G.Dyana Arjana[2], Tjok. Gede Indra Partha[3]

***Abstract*—Short circuit causing over current problem and can might causing interference of the equipment performance such as distribution transformers also causing widespread disruption occurred. In resolving such interference is required as protection system on the distribution system. Seeing all above is needed coordination between the supporting component of the protection system which is consisted of Over Current Relay (OCR) and Ground Fault Relay (GFR). The research was conducted at PT. PLN (Persero) South Bali Area Network, INDONESIA on recloser in the feeder line of Penebel. OCR setting between the Relay feeder of Penebel, Recloser Celagi, Recloser Bakisan, and Recloser Benana still less selective, with time value coordination between average security was still less than 0,2 second. Then OCR setting and GFR relay feeder of Penebel, Recloser Celagi, Recloser Bakisan, and Recloser Benana was recommended for re-setting in order to minimize disruption and electric power distribution system to be reliable.**

***Intisari*— Gangguan hubung singkat menyebabkan terjadinya arus lebih yang besar dan dapat menyebabkan gangguan pada kinerja peralatan seperti trafo distribusi dan menyebabkan gangguan yang terjadi semakin meluas. Dalam mengatasi hal atau gangguan tersebut dibutuhkan system proteksi pada system distribusi. Melihat hal tersebut perlu adanya suatu koordinasi antara komponen penunjang system proteksi tersebut yang terdiri dari Over Current Relay (OCR), dan Ground Fault Relay (GFR). Penelitian ini dilakukan di PT.PLN (Persero) Area Jaringan Bali Selatan, INDONESIA pada Recloser di saluran Penyulang Penebel. Setting OCR antara relay penyulang Penebel, Recloser Celagi, Recloser Bakisan dan Recloser Benana masih kurang selektif, dengan nilai waktu koordinasi antar pengaman rata-rata masih kurang dari 0,2 detik. Maka setting OCR dan GFR relay penyulang Penebel, recloser Celagi, Recloser Bakisan, dan Recloser Benana direkomendasikan untuk dilakukan setting ulang agar dapat meminimalisir gangguan dan system distribusi tenaga listrik menjadi handal.**

***Kata Kunci*— OCR, GFR, Recloser, Proteksi, Koordinasi, Handal, Hubung Singkat, Penyulang.**

I. PENDAHULUAN

Penyulang Penebel merupakan salah satu penyulang panjang yang terdapat di kabupaten tabanan berdasarkan data PT.PLN (Persero) Area Jaringan Bali Selatan, INDONESIA. Kebutuhan energy listrik di kabupaten tabanan khususnya penyulang penebel di suplay oleh Gardu Induk Kapal melalui Transformator Unit II. Penyulang penebel masuk dalam wilayah Area Jaringan Bali Selatan (AJ Batan) PT. PLN (Persero) Distribusi Bali, INDONESIA penyulang ini merupakan penyulang dengan tipe radial dengan konfigurasi yang sangat panjang. Berdasarkan data PT. PLN (Persero) Area Jaringan Bali Selatan, INDONESIA pada penyulang ini terdapat 107 unit Gardu Distribusi dan 3 buah *Recloser*. Panjangnya penyulang menjadi salah satu factor terjadinya gangguan pada system distribusi tenaga listrik selain faktor-faktor lainnya diantaranya gangguan yang terjadi akibat alam dan kesalahan sumber daya manusia baik yang disengaja maupun tidak disengaja. Gangguan hubung singkat menyebabkan gangguan pada kinerja peralatan seperti trafo distribusi. Kualitas layanan dapat dilihat dari lamanya pemadaman dan seberapa sering pemadaman terjadi dalam satu satuan waktu [1]. Dalam permasalahan yang akan diangkat, penulis membahas system proteksi tenaga listrik. Salah satu peralatan utama dalam system proteksi yang digunakan pada saluran distribusi adalah Relay arus lebih (*Over Current Relay*) dan relay gangguan tanah (*Ground Fault Relay*) [2].

Maka dari itu perlu adanya suatu koordinasi antara komponen penunjang system proteksi terebut yang terdiri dari *Over Current Relay* (OCR), dan *Ground Fault Relay* (GFR) pada *Recloser* saluran penyulang Penebel. Koordinasi ini bertujuan agar, disaat salah satu busbar mengalami gangguan atau tidak adanya pengaman yang mengamankan busbas tersebut seperti yang ada pada gardu induk lain, akan mengakibatkan adanya ketidakseimbangan yang dirasakan oleh system dan dapat mengakibatkan kontinyuitas aliran daya dapat terganggu [3]. System proteksi yang handal dapat segera mengantisipasi gangguan sedini mungkin dan meminimalisir efek yang terjadi akibat gangguan.

II. OCR DAN GFR

Relay arus lebih atau *Over Current Relay* (OCR) memproteksi instalasi listrik terhadap gangguan antar fasa. Sedangkan untuk memproteksi terhadap gangguan fasa tanah digunakan *relay* Arus gangguan tanah atau *Ground Fault Relay* (GFR). Prinsip kerja GFR sama dengan OCR yang membedakan hanyalah pada fungsi dan elemen sensor arus. OCR biasanya memiliki 2 atau 3 sensor arus (untuk 2 atau 3 fasa) sedangkan GFR hanya memiliki 1 sensor arus (satu fasa). Waktu kerja *relay* OCR maupun GFR tergantung nilai *setting* dan karakteristik waktunya.

Relay OCR dan GFR dipasang sebagai alat proteksi motor, trafo, penghantar transmisi, dan penyulang. Disini penulis

[1]*Mahasiswa, Teknik Elektro dan komputer Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung Bali. 80361, Tlp. 083114206753; e-mail: odebrewok0514@gmail.com, gordo_gordon94@yahoo.co.id*

[2, 3] *Dosen Jurusan Teknik Elektro dan Komputer Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Jalan Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA. Telp: 0361-703315; fax: 0361-703315; e-mail: dyanaarjana@ee.unud..ac.id, cokindra@unud.ac.id*

p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372

menulis tentang OCR dan GFR sebagai proteksi trafo dan penyulang. *Relay* harus di *setting* sedemikian rupa sehingga dapat bekerja secepat mungkin dan meminimalkan bagian dari system yang harus padam. Hal ini diterapkan dengan cara mengatur waktu kerja *relay* agar bekerja lambat ketika terjadi arus gangguan kecil, dan bekerja semakin cepat apabila arus gangguan semakin besar, hal ini disebut karakteristik *inverse.*

A. Setting Over Current Relay (OCR)

1) Arus setting OCR

Setting relay OCR pada sisi primer dan sisi sekunder *transformator* tenaga terlebih dahulu harus dihitung arus nominal *transformator* tenaga. Arus *setting* untuk *relay* OCR baik pada sisi primer maupun sekunder *transformator* tenaga adalah [4]:

$$\text{Iset (prim)} = \frac{1{,}2 \cdot I_p}{CT_p} \quad (1)$$

Keterangan :
I set = *Setting* Arus
Ip = Arus Nominal Pada Sisi Primer
Ctp = Ratio *transformator* arus pada sisi primer

2) Setting waktu (TMS)

Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat, selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai waktu (TMS). Rumus untuk menentukan nilai setelan waktu bermacam-macam sesuai dengan desain pabrik pembuat *relay*. Tabel I [5] di bawah menunjukkan rumus setting waktu sesuai dengan type masing-masing relay.

TABEL I
KARAKTERISTIK OPERASI WAKTU JENIS RELAY INVERSE TIME

Type Relay	Setelan Waktu (TMS)
Standar Inverse	$TMS = \frac{0{,}14\ x\ t}{\left(\frac{If}{Is}\right)^{0{,}02} - 1}$
Very Inverse	$TMS = \frac{13{,}5\ x\ t}{\left(\frac{If}{Is}\right) - 1}$
Extremely Inverse	$TMS = \frac{80\ x\ t}{\left(\frac{If}{Is}\right)^{2} - 1}$
Long Time Earth Fault	$TMS = \frac{120\ x\ t}{\left(\frac{If}{Is}\right) - 1}$

Untuk menentukan nilai TMS yang akan disetkan pada relay OCR sisi *incoming transformator* tenaga yaitu arus hubung singkat 2 fasa di bus 20 kV, sedangkan untuk sisi 150 kV transformator tenaga diambil arus hubung singkat 2 fasa di sisi 150 kV

B. Setting Ground Fault Relay (GFR)

1) Arus setting GFR

Setting relay GFR pada sisi primer dan sisi sekunder *transformator* tenaga terlebih dahulu harus dihitung arus nominal *transformator* tenaga. Arus *setting* untuk *relay* GFR baik pada sisi primer maupun sisi sekunder *transformator* tenaga adalah sebagai berikut [4]:

Iset (prim) = 0,2 x Inominal trafo (2)

Nilai tersebut adalah nilai primer, untuk mendapatkan nilai *setting* sekunder yang dapat disetkan pada *relay* GFR, maka harus dihitung dengan menggunakan rasio trafo arus (CT) yang terpasang pada sisi primer maupun sisi sekunder *transformator* tenaga. Cara yang sama juga digunakan pada setting OCR.

$$I_{gfr} = \frac{0{,}2 \cdot I_{nom}}{CT} \quad (3)$$

Keterangan :
I_{gfr} = Arus pada relay GFR
I_{nom} = Arus nominal pada *transformator*
CT = Rasio *Transformator*

2) Setting Waktu

Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat, selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai *setting* waktu kerja relay (TMS). Sama halnya dengan OCR, relay GFR menggunakan rumus penyetingan TMS yang sama dengan relay OCR. Tetapi waktu kerja relay yang diinginkan berbeda. Relay GFR cenderung lebih sensitive dari pada relay OCR.

Untuk menentukan nilai TMS yang akan disetkan pada relay GFR sisi *incoming* 20 kV dan sisi 150 kV *transformator* tenaga diambil arus hubung singkat 1 fasa ke tanah.

C. Prinsip Dasar Perhitungan Setting Waktu

Untuk mendapatkan pengamanan yang selektif, maka *setting* waktunya dibuat secara bertingkat. Untuk rumus yang digunakan menghitung Td (Time Dial) atau TMS (*Time Multiple Setting*) adalah [4] :

$$T_d = \frac{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0.02} - 1}{0{,}14} . 1{,}2 \text{ dan } T_{act} = \frac{0{,}14}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0.02} - 1} . T_d \quad (4)$$

Umumnya Td minimum diset 0,5 atau 1 untuk *relay* diseksi hilir dan seksi hulunya Td diset pada nilai yang dapat memberikan t = 0,3 – 0,5 detik.
Berdasarkan standart IEEE 242, yaitu [6] :
Waktu terbuka CB : 0,04 – 0,1 detik
Overtravel dari relay : 0,1 detik
Faktor keamanan : 0,12 – 0,22 detik

Untuk *relay* statis dan *relay digital* berbasis *microprosesor overtravel time* dari *relay* dapat diabaikan. Sehingga total setting kelambatan waktu atau *grading time* diperlukan adalah 0,2 – 0,4 detik.

III. METODE ANALISIS

Penelitian dilakukan di PT. PLN (Persero) Area Jaringan Bali Selatan, INDONESIA yang dimulai dari Bulan Mei 2015. Data-data dalam pembahasan penelitian ini bersumber dari data PT. PLN (Persero) Distribusi Bali Area Jaringan Bali Selatan, INDONESIA.

Adapun alur analisis pada penelitian ini adalah :

A. Input Data

1) Data Teknis Saluran di Penyulang Penebel

2) Data Impedansi, Serta Setting pada OCR dan GFR Di Saluran Penyulang Penebel

B. Perhitungan

Menghitung nilai impedansi, gangguan hubung singkat antar *phasa* dan 1 *phasa* ke tanah serta *setting* pada OCR dan GFR dilakukan dalam beberap tahapan sebagai berikut [7] :

1) Menghitung Kapasitas Daya Hubung Singkat

$$MVA_{sc} = \sqrt{3}\, x\, I_{hs} x\, V_{primer} \quad (5)$$

2) Menghitung Impedansi Sumber :

$$Z_{s1} = \frac{kV^2}{MVA_{sc}} \quad (6)$$

3) Menghitung Impedansi Trafo :

$$Z_{s2} = \frac{kV^2}{MVA_{trafo}} \quad (7)$$

4) Menghitung Impedansi Trafo Urutan Positif :

$$Z_{T1} = \%\, X_T\, x\, \frac{E_{TM^2}}{MVA_{TR}} \quad (8)$$

5) Menghitung Impedansi Trafo Urutan Negatif :

$$Z_{T0} = 3\, x\, X_{T1} \quad (9)$$

6) Menghitungan Impedansi Jaringan [8] *:*

1. Impedansi urutan positif
   Z1 = Z2 = panjang penyulang (km) × Z1 / Z2 Ω
2. Impedansi urutan negatif
   Z0 = panjang penyulang (km) × Z0 Ω
3. Impedansi ekivalen urutan positif
   Z1eq = Z2eq = Zs1 + Zt1 + Z1 penyulang Ω
4. Impedansi ekivalen urutan negative
   Z0eq = Zt0 + 3RN + Z0 penyulang Ω

7) Menghitung Arus Hubung Singkat 3 Fasa, 2 Fasa, dan 1 Fasa ke Tanah [4] *:*

1. Arus hubung singkat 3 fasa

$$I = \frac{V}{z_1} \quad (10)$$

2. arus hubung singkat 2 fasa

$$I_{2fasa} = \frac{V_{ph-ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq}} \quad (11)$$

3. arus hubung singkat 1 fasa ke tanah

$$I_{1fasa} = \frac{3xV_{ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}} \quad (12)$$

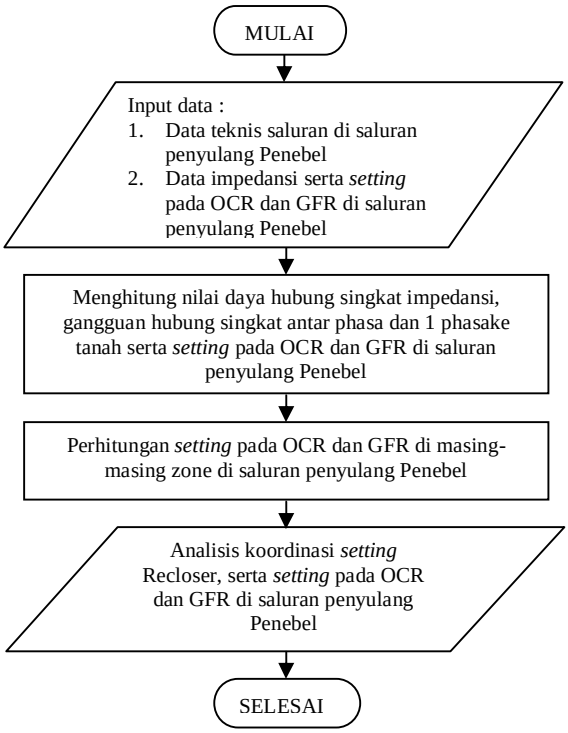
8) Perhitungan TMS [7] *:*

$$tms = \frac{t\, x \left[\left[\frac{Ifault}{Iset}\right]^{a} - 1\right]}{0{,}14} \quad (13)$$

9) Setting Waktu [7]*:*

$$t = \frac{0{,}14\, x\, tms}{\left[\frac{Ifault}{Iset}\right]^{0{,}02} - 1} \quad (14)$$

C. Analisis koordinasi *setting* pada *Recloser*, gangguan hubung singkat serta *setting* pada OCR dan GFR di penyulang Penebel.



D. Alur Analisis

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan dan Analisis Impedansi Sumber GI Kapal

Arus hubung singkat (I_{hs}) pada sisi 150 kV sebesar 11,86 kA yang didapat dari data PT. PLN (Persero) Area Jaringan Bali Selatan, INDONESIA. Dari I_{hs} tersebut dapat diperoleh kapasitas daya hubung singkat (MVA_{sc}) pada sisi 150 kV dengan menggunakan persamaan (5) sebagai berikut :

$$MVA_{sc} = \sqrt{3}\, x\, I_{hs} x\, V_{primer}$$
$$MVA_{sc} = \sqrt{3}\, x\, 11{,}86\, x\, 150\, kV$$
$$MVA_{sc} = 3081{,}318\, MVA$$

Berdasarkan kapasitas daya hubung singkat (MVA_{sc}) dapat dihitung impedansi sumber (Z_{s1}) pada sisi 150 kV dengan menggunakan persamaan (6) sebagai berikut :

$$Z_{s1} = \frac{kV^2}{MVA_{sc}}$$

$$Z_{s1} = \frac{150^2\ (kV)}{3081{,}318\ (MVA)}$$
$$Z_{s1} = 7{,}302\ \Omega$$

Daya *transformer* tenaga antara sisi primer dan sekunder sama, maka impedansi hubung singkat pada sisi 20 kV (Z_{s2}) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (7) sebagai berikut :

$$Z_{s2} = \frac{kV^2}{MVA_{trafo}}$$
$$Z_{s2} = \frac{20^2}{3081{,}318\ (MVA)}$$
$$Z_{s1} = 0{,}1298\ \Omega$$

Perhitungan impedansi sumber ini yang akan digunakan untuk menghitung impedansi ekivalen urutan positif (Z_{1eq}).

B. Perhitungan dan Analisis Impedansi Trafo

Daya listrik penyulang Penebel di *supply* dari GI Kapal trafo II sebesar 60 MVA. Impedansi *transformator* adalah sebesar 12.50 %, nilai tersebut didapat dari data PT. PLN (Persero) Area Jaringan Bali Selatan, INDONESIA. Untuk memperoleh nilai impedansi urutan positif trafo, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (8) sebagai berikut :

$$Z_{T1} = \%\ X_T\ x\ \frac{E_{TM^2}}{MVA_{TR}}$$
$$Z_{T1} = 12{,}50\ \%\ x\ \frac{20^2}{60}$$
$$Z_{T1} = 0{,}8333\ \Omega$$

Hasil perhitungan impedansi digunakan untuk menghitung impedansi ekivalen urutan positif (Z_{1eq}). Untuk memperoleh nilai impedansi urutan nol dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (9) berikut :

$$Z_{T0} = 3\ x\ X_{T1}$$
$$Z_{T0} = 3\ x\ 0{,}8333\ \Omega$$
$$Z_{T0} = 2{,}499\ \Omega$$

Hasil perhitungan digunakan untuk menghitung impedansi ekivalen urutan nol (Z_{0eq}).

C. Perhitungan Impedansi Jaringan Distribusi

Nilai impedansi jaringan yang digunakan pada penelitian ini adalah pada titik 1% dan 100% panjang jaringan tiap-tiap zona untuk mempermudah perhitungan. Nilai impedansi jaringan ini akan digunakan untuk menghitung impedansi ekivalen. Hasil dari perhitungan impedansi urutan positif dan urutan negative pada penyulang Penebel dapat dilihat pada tabel II di bawah.

TABEL III
IMPEDANSI JARINGAN PENYULANG PENEBEL

titik jaringan		Z1 = Z2 Ω		Z0 Ω	
		R	jX	R	jX
Zona 1	1%	0.049	0.075	0.083	0.369
	100%	4.928	7.534	8.277	36.882
Zona 2	1%	4.946	7.562	8.307	37.018
	100%	6.745	10.311	11.328	50.477
Zona 3	1%	6.781	10.366	11.388	50.746
	100%	10.348	15.819	17.379	77.442
Zona 4	1%	10.438	15.956	17.530	78.113
	100%	19.306	29.513	32.424	144.486

D. Perhitungan Impedansi Ekivalen Penyulang Penebel

Nilai impedansi ekivalen yang digunakan pada penelitian ini adalah pada titik 1% dan 100% panjang jaringan tiap-tiap zona untuk mempermudah perhitungan. Nilai impedansi ekivalen ini akan digunakan untuk menghitung arus hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, daan 1 fasa ke tanah. Hasil dari perhitungan impedansi ekivalen positif dan negatif penyulang Penebel dapat dilihat pada tabel III di bawah.

TABEL IIIII
IMPEDANSI EKIVALEN PENYULANG PENEBEL

titik jaringan		Z1 eq = Z2 eq (Ω)		Z0 eq (Ω)	
		R	jX	R	jX
Zona 1	1%	0.05	1.04	120.08	2.81
	100%	4.93	8.50	128.28	39.32
Zona 2	1%	4.95	8.52	128.31	39.46
	100%	6.74	11.27	131.33	52.92
Zona 3	1%	6.78	11.33	131.39	53.19
	100%	10.35	16.78	137.38	79.88
Zona 4	1%	10.44	16.92	137.53	80.55
	100%	19.31	30.48	152.42	146.93

E. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

Perhitungan arus gangguan hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, dan 1 fasa ke tanah yang dilakukan dimulai pada titik jaringan 1% dan 100% pada tiap-tiap zona dengan menggunakan persamaan (10), (11), dan (12). Didapatkan hasil perhitungan yang dapat dilihat pada tabel IV di bawah.

TABEL IVV
ARUS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT

Titik Jaringan		If 3fasa (A)	If 2fasa (A)	If 1fasa (A)
Zona 1	1%	11107.09	9607.38	283.49
	100%	1175.55	305.02	225.21
Zona 2	1%	1171.60	303.10	225.02
	100%	878.95	176.16	206.37
Zona 3	1%	874.57	174.49	206.01
	100%	585.67	80.73	174.65
Zona 4	1%	580.86	79.45	173.95
	100%	320.07	24.80	122.03

F. Perhitungan TMS dan Setting Waktu OCR

Perhitungan TMS dan setting waktu menggunakan persamaan (13) dan (14) sebagai berikut :

1) Recloser Benana :

a. TMS

$$tms = \frac{0\ x\ \left[\left[\frac{580,86}{159,6}\right]^{0,02} - 1\right]}{0,14} = 0$$

b. Setting Waktu

$$t = \frac{0,14\ x\ 0}{\left[\frac{580,86}{159,6}\right]^{0,02} - 1} = 0$$

2) Recloser Bakisan :

a. TMS

$$tms = \frac{0,1\ x\ \left[\left[\frac{874,57}{168}\right]^{0,02} - 1\right]}{0,14} = 0,024$$

b. *Setting* Waktu

$$t = \frac{0,14\ x\ 0,024}{\left[\frac{874,57}{168}\right]^{0,02} - 1} = 0,1 \text{ detik}$$

3) Recloser Celagi :

a. TMS

$$tms = \frac{0,3\ x\ \left[\left[\frac{1171,60}{216}\right]^{0,02} - 1\right]}{0,14} = 0,074$$

b. *Setting* Waktu

$$t = \frac{0,14\ x\ 0,074}{\left[\frac{1171,60}{216}\right]^{0,02} - 1} = 0,3 \text{ detik}$$

4) Penyulang Penebel :

a. TMS

$$tms = \frac{0,7\ x\ \left[\left[\frac{11107,09}{241,2}\right]^{0,02} - 1\right]}{0,14} = 0,398$$

b. *Setting* Waktu

$$t = \frac{0,14\ x\ 0,398}{\left[\frac{11107,09}{241,2}\right]^{0,02} - 1} = 0,7 \text{ detik}$$

G. Perhitungan TMS dan setting waktu GFR

1) Recloser Benana :

a. TMS

$$tms = \frac{0\ x\ \left[\left[\frac{173,95}{159,6}\right]^{0,02} - 1\right]}{0,14} = 0$$

b. *Setting* Waktu

$$t = \frac{0,14\ x\ 0}{\left[\frac{173,95}{159,6}\right]^{0,02} - 1} = 0 \text{ detik}$$

2) Recloser Bakisan :

a. TMS

$$tms = \frac{0,1\ x\ \left[\left[\frac{206,01}{33,6}\right]^{0,02} - 1\right]}{0,14} = 0,026$$

b. *Setting* Waktu

$$t = \frac{0,14\ x\ 0,026}{\left[\frac{206,01}{33,6}\right]^{0,02} - 1} = 0,1 \text{ detik}$$

3) Recloser Celagi :

a. TMS

$$tms = \frac{0,3\ x\ \left[\left[\frac{225,02}{43,2}\right]^{0,02} - 1\right]}{0,14} = 0,072$$

b. *Setting* Waktu

$$t = \frac{0,14\ x\ 0,072}{\left[\frac{225,02}{43,2}\right]^{0,02} - 1} = 0,3 \text{ detik}$$

Pada perhitungan TMS dan setting waktu OCR dan GFR digunakan nilai konstanta α = 0,02 dan β = 0,14 karena dalam penelitian ini menggunakan satuan *Relay Standart Inverse*. Nilai waktu Trip atau t dalam perhitungan TMS (*Time Multiple Setting*) disesuaikan dengan nilai yang dikehendaki untuk setting relay pada masing-masing zona agar dapat meminimalisir gangguan yang terjadi dan relay dapat bekerjadengan secepat mungkin. Iset merupakan besarnya arus gangguan hubung singkat dalam satuan ampere.

H. Simulasi dan Analisis Koordinasi Proteksi OCR dan GFR Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan arus hubung singkat, perhitungan *setting* arus dan *setting* waktu OCR dan GFR pada *recloser* Benana, *recloser* Bakisan, *recloser* Celagi dan *relay* penyulang Penebel maka diperoleh nilai setting koordinasi OCR dan GFR hasil perhitungan seperti pada tabel V di bawah.

TABEL V
DATA SETTING OCR DAN GFR HASIL PERHITUNGAN

Setting		Relay Peny. Penebel	Rec. Celagi	Rec. Bakisan	Rec. Benana
OCR	I set (A)	241.2	216	168	159.6
	TMS	0.398	0.074	0.024	0.000
	t	0.7	0.3	0.1	0.0
GFR	I set (A)	48.24	43.2	33.6	31.92
	TMS	0.180	0.072	0.026	0.000
	t	0.7	0.3	0.1	0.0

Berdasarkan koordinasi OCR dan GFR setting hasil perhitungan penyulang Penebel maka dapat dilakukan analisis sebagai berikut :

1 Koordinasi kerja GFR antara *recloser* Benana dan *recloser* Bakisan digunakan *setting* waktu di bawah 0,2 karena penyulang yang panjang agar mempercepat kinerja *relay*. Maka *trip* yang terjadi akan mengakibatkan kedua *recloser* ini bekerja hampir bersamaan.

2 Begitu juga dengan koordinasi kerja OCR antara *recloser* Benana dan *recloser* Bakisan digunakan *setting* waktu di bawah 0,2 karena penyulang yang begitu panjang agar mempercepat kinerja *relay*. Oleh

p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372

sebab itu *trip* yang terjadi akan mengakibatkan kedua *recloser* ini bekerja hampir bersamaan.

3 Koordinasi kerja GFR dan OCR setting hasil perhitungan antara relay penyulang Penebel, *recloser* Celagi, *recloser* Bakisan dan *recloser* Benana sudah memenuhi persyaratan alat proteksi yang handal, sensitive, cepat namun tetap selektif.

I. Simulasi dan analisis koordinasi OCR dan GFR setting existing

Berdasarkan data dari PT. PLN (Persero) Distribusi Bali, INDONESIA data *setting* kondisi *existing* OCR dan GFR saluran penyulang penebel dapat dilihat pada tabel V

TABEL V
DATA SETTING OCR DAN GFR EXISTING

Setting		Relay Peny. Penebel	Rec. Celagi	Rec. Bakisan	Rec. Benana
OCR	I set (A)	304	140	180	121
	TMS	0.25	0.12	0.05	0.01
	t	0.47	0.39	0.22	0.04
GFR	I set (A)	50	28	36	24
	TMS	0.25	0.12	0.05	0.01
	t	0.99	0.39	0.20	0.03

Berdasarkan hasil koordinasi OCR setting *existing* penyulang Penebel, maka dapat dilakukan analisis sebagai berikut :

1 *Recloser* Benana merupakan alat proteksi untuk mengamankan jaringan pada zona 4. Fungsi koordinasi OCR pada *recloser* Bakisan dan *recloser* Celagi belum cukup selektif, karena *delay time* antara *recloser* bakisan dan *recloser* celagi masih berada kurang dari 0,2 detik. Sedangkan koordinasi *setting* waktu antara OCR *recloser* Benana dengan OCR *recloser* Bakisan kondisinya sudah cukup baik. Karena perbedaan waktu koordinasinya berkisar 0,2 detik.

2 *Recloser* Bakisan merupakan alat proteksi zona 3 penyulang Penebel. *Recloser* Bakisan juga merupakan alat proteksi cadangan untuk zona 4, apabila terjadi kegagalan pada alat proteksi *recloser* Benana.

3 *Recloser* Celagi merupakan alat proteksi zona 2 penyulang Penebel. *Recloser* Celagi juga merupakan alat proteksi cadangan untuk zona 3, apabila terjadi kegagalan pada alat proteksi *recloser* Bakisan.

4 *Relay* penyulang Penebel merupakan alat proteksi zona 1 penyulang Penebel. *Relay* penyulang Penebel juga merupakan alat proteksi cadangan untuk zona 2, 3 dna 4 apabila terjadi kegagalan pada alat proteksi *recloser* Celagi, *recloser* Bakisan dan *recloser* Benana. *Setting* OCR antara *relay* penyulang Penebel, *recloser* Celagi, *recloser* Bakisan dan *recloser* Benana masih kurang selektif, hal ini ditandai dengan nilai waktu koordinasi antar pengaman rata-rata masih kurang dari 0,2 detik. Kesalahan koordinasi kerja akan menyebabkan terjadinya pemadaman yang lebih luas dari semestinya.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan, maka didapat beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

Koordinasi *setting existing* pada *Over Current Relay* (OCR) di *relay* penyulang Penebel, *recloser* Celagi, dan *recloser* Bakisan masih kurang baik. Waktu per zona antara ketiga peralatan proteksi hubung singkat tersebut pada beberapa nilai arus hubung singkat masih dibawah 0,4 detik, sehingga menyebabkan kemungkinan ketiga peralatan tersebut mengalami *trip* secara bersamaan atau saling *overlap*.

Khusus pada *recloser* Bakisan dan *recloser* Benana, waktu *delay* pada *setting* perhitungan dipilih kurang dari 0,2 detik karena Penyulang Penebel memiliki jaringan yang panjang, agar *recloser* Benana dan *recloser* Bakisan *trip* pada waktu yang berdekatan untuk mempercepat kinerja relay dan meminimalisir perluasan gangguan yang terjadi.

Berdasarkan pada ketidak sesuaian koordinasi yang terjadi pada *setting existing* pada tiap-tiap zona proteksi, maka setting OCR dan GFR *relay* penyulang Penebel, *recloser* Celagi, *recloser* Bakisan dan *recloser* Benana direkomendasikan untuk dilakukan *setting* ulang agar system distribusi dapat bekerja dengan baik dan handal.

Saran yang dapat penulis berikan pada skripsi ini adalah perlunya dilakukan pembaruan *setting* OCR dan GFR secara berkala sesuai dengan kenaikan arus beban penyulang penebel untuk menjaga system pengaman agar selalu memenuhi syarat-syarat system pengaman yang baik.

REFERENSI

[1] G. Winantara, R. S. Hartati, and I. W. Sukerayasa," Pengaruh Injeksi Daya Aktif Terhadap Keandalan Penyulang," Teknologi Elektro., vol. 12, no. 1, Juni. 2013

[2] Zulkarnaini, and U. R. Hakim,"Evaluasi Koordinasi Over Current Relay (OCR) dan Ground Faul Relay (GFR) pada Feeder GH Lubuk Buaya,"Teknik Elektro., vol. 16, no. 1, Februari. 2014

[3] I. M. D. Purnawan, I. G. D. Arjana, and I. W. Rinas, "Studi pengaman busbar pada gardu induk amlapura," Teknologi Elektro., vol. 15, no. 1, Juni. 2016

[4] PT. PLN, *Pengantar Relay Proteksi*, PT. PLN Pusdiklat., Semarang: 1995.

[5] *Catalogue Over Current Relay* (type mc 30). Tanpa tahun

[6] (2001) The IEEE website. [Online]. Available: http://www.ieee.org/

[7] K. Pribadi and S. N. Wahyudi, Buku Koordinasi Rele, PT. PLN Pusdiklat, - : 2005

[8] I. Affandi, *Analisa Setting Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah pada Penyulang Sadewa di GI Cawang*. Universitas Indonesia. Depok, Indonesia : 2009