

Analisis Koordinasi Recloser dan PMT Penyulang Palasari (PLSI) Distribusi Jawa Barat dan Banten Area Bandung

Arif Tirtana, Bachtiar Hasan, Yuda Muladi

Pendidikan Teknik Elektro
Universitas Pendidikan Indonesia
email : ariftirtana57@yahoo.co.id

Abstrak – Gangguan pada jaringan distribusi tegangan menengah yang sering terjadi adalah gangguan temporer, untuk mengatasi gangguan temporer pada jaringan distribusi biasanya dipasang recloser (Pemutus Balik Otomatis) dimana kontak-kontak recloser dapat menutup kembali secara otomatis ketika terjadi gangguan. Pengaman recloser harus dapat dikoordinasikan dengan pengaman lain pada jaringan, misalnya PMT di bagian hulu penyulang, relay arus lebih (OCR) dan relay gangguan tanah (GFR) agar selektifitasnya tercapai. Untuk mengkoordinasikan recloser dan PMT diperlukannya settingan relay serta waktu kerja relay yang sesuai pada jaringan.

Keywords: Recloser, PMT, relay arus lebih (OCR), relay gangguan tanah (GFR), koordinasi.

Abstract -- Disturbances in medium voltage distribution network that often occurs is a temporary interruption, to overcome the temporary disruption in the distribution network is usually mounted recloser (Automatically Turning Breaker), which is recloser contacts can close automatically when an interruption occurs. recloser safety must be coordinated with other security on the network, for example PMT upstream feeder, the overcurrent relays (OCR) and soil disturbance relay (GFR) in order to achieve selectivity. to coordinate the recloser and PMT is needed setting of relay and working time that corresponding on the network.

Keywords: Recloser, PMT, overcurrent relays (OCR), ground-fault relay (GFR), coordination.

I. LATAR BELAKANG

Pendistribusian listrik memiliki 3 bagian utama, yaitu pembangkitan, transmisi dan distribusi. Pembangkit tersebut menghasilkan energi listrik untuk kemudian di salurkan melalui transmisi, setelah dari transmisi energi listrik diteruskan kembali ke distribusi hingga ke konsumen. Penyaluran energi listrik stabil dan kontinuitas menjadi dambaan bagi setiap konsumen [1][2]. Oleh sebab itu, distribusi menjadi bagian yang paling penting dari semua rangkaian sistem karena hal

itu berhubungan langsung dengan konsumen. PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Barat dan Banten Area Bandung adalah pihak berwenang untuk menyalurkan energi listrik kepada konsumen di wilayah Bandung dan sekitarnya [3].

Kebutuhan energi listrik wilayah kota Bandung disuplai 11 gardu induk (GI) yakni; GI Cigereleng, GI Kiaracandong, GI Ujung Berung, GI Bandung Timur, GI Bandung Utara, GI Cibabat, GI Lagadar, GI Cibereum, GI Panasia, GI Bengkok, dan GI Dago Pakar. GI Cigereleng mempunyai 43 penyulang. Dalam penyaluran energi listrik Gardu Induk Cigereleng melalui Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) dan melalui Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM). Salah satu jaringan SUTM GI Cigereleng yaitu Penyulang Palasari (PLSI).

Pada penyaluran SUTM biasanya sering terjadi gangguan, diantaranya disebabkan oleh gangguan hubung singkat. Gangguan hubung singkat saluran udara tegangan menengah terbanyak merupakan gangguan satu fasa ke tanah yang sifatnya temporer, untuk mengatasi gangguan tersebut dibutuhkan sistem proteksi pada saluran distribusi, dengan sistem proteksi diharapkan gangguan dapat dilokalisasi [4][5].

Pemutus tenaga (PMT) adalah alat pemutus otomatis yang dapat menutup atau memutuskan rangkaian pada keadaan apapun (normal ataupun gangguan).

Secara singkat tugas pokok pemutus tenaga yaitu:

- Keadaan normal, membuka / menutup rangkaian listrik.
- Keadaan tidak normal, dengan bantuan relay, PMT dapat membuka sehingga gangguan dapat dihilangkan [6].

Macam-macam gangguan

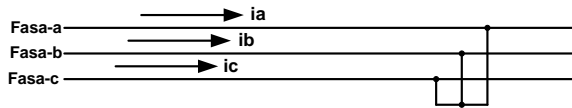
- Gangguan beban lebih.
- Gangguan hubung singkat.
- Gangguan tegangan lebih.
- Gangguan hilangnya pembangkit.

- e. Gangguan instability.

Teori Hubung Singkat

- a. Arus hubung singkat tiga fasa [7]

Gangguan hubung singkat tiga fasa termasuk dalam klasifikasi gangguan yang simetris, karena arus dan tegangan tetap seimbang setelah gangguan terjadi. Sehingga sistem dapat dianalisa hanya dengan menggunakan komponen urutan positif saja yaitu:



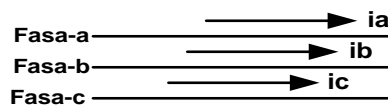
$$I_{hs\ 3ph} = \frac{kV_{fn}}{Z_1}$$

Keterangan :

kV_{fn} = Tegangan fasa netral di titik gangguan sesaat sebelum terjadi gangguan
 $I_{hs\ 3ph}$ = Arus hubung singkat tiga fasa
 Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan

- b. Arus Hubung Singkat dua fasa

Pada gangguan hubung singkat dua fasa, arus saluran tidak mengandung komponen urutan nol dikarenakan tidak ada gangguan yang terhubung ke tanah.



$$\begin{aligned} I_a &= 0 \\ I_b &= -I_c \\ V_b &= V_c \\ I_{hs\ 2ph} &= \frac{\sqrt{3}kV_{fn}}{Z_1 + Z_2} \end{aligned}$$

Keterangan:

$\sqrt{3}kV_{fn}$ = tegangan fasa-fasa di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan
 Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan
 Z_2 = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan

- c. Arus Hubung Singkat 1 fasa



$$\begin{aligned} I_b &= 0 \\ I_c &= 0 \\ V_a &= 0 \\ I_{hs\ 1ph} &= \frac{3kV_{fn}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \end{aligned}$$

Keterangan :

$3kV_{fn}$ = tegangan fasa netral di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan

Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan

Z_2 = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan

Z_0 = Impedansi urutan nol dilihat dari titik gangguan

Dimana, $Z_1 \approx Z_2$ maka, dapat dihitung

$$I_{hs\ 2ph} = \frac{\sqrt{3}kV_{fn}}{Z_1 + Z_2} = \frac{\sqrt{3}kV_{fn}}{2.Z_1} = 0,866 \times I_{hs\ 3ph}$$

Gangguan 1 fasa ke tanah dekat GI: $Z_1 = Z_2 = Z_0$

$$I_{hs\ 1ph} = \frac{3kV_{fn}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} = \frac{3kV_{fn}}{3.Z_1} = I_{hs\ 3ph}$$

Gangguan 1 fasa ke tanah jauh dari GI: $Z_0 = 3Z_1, Z_1 = Z_2$

$$I_{hs\ 1ph} = \frac{3kV_{fn}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} = \frac{3kV_{fn}}{5.Z_1} = 0,6 \times I_{hs\ 3ph}$$

(turunan dari teori hubung singkat ada pada bagian pembahasan hal.12)

Recloser

Recloser adalah pemutus balik otomatis (PBO) secara fisik mempunyai kemampuan sebagai pemutus beban yang dapat bekerja secara otomatis untuk mengamankan sistem dari gangguan hubung singkat. Recloser digunakan sebagai pelengkap pengamanan terhadap gangguan temporer dan membatasi luas daerah paman akibat gangguan [8].

Secara fisik recloser mempunyai kemampuan sebagai pemutus arus hubung singkat yang dilengkapi dengan alat penginderaan arus gangguan lebih (*Over Current Relay*) serta arus gangguan ke tanah (*Ground Fault Relay*)

Over Current Relay (OCR)

Relay arus lebih akan bekerja ketika arus mengalir melebihi nilai settingnya (I_{set}).

- a. Prinsip Kerja OCR

Pada dasarnya relay arus lebih merupakan alat untuk mendeteksi besaran arus yang melalui suatu jaringan dengan bantuan trafo arus.

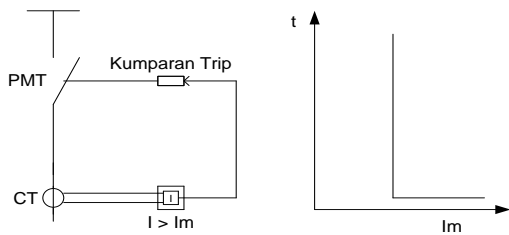
Macam-macam karakteristik relay arus lebih:

- Relay waktu seketika (*Instantaneous relay*)
- Relay arus lebih waktu tertentu (*Definite time relay*)
- Relay arus lebih waktu terbalik

- b. Relay waktu seketika (*Instantaneous relay*)

Relay arus lebih waktu seketika (*Instantaneous relay*) prinsip kerjanya tanpa waktu penundaan, dimana waktu kerja relay sangat singkat (20-40 ms). Relay waktu seketika tidak tergantung dari besarnya arus gangguan / arus yang menggerakkannya. Jadi

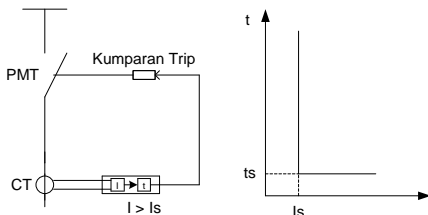
relay waktu seketika akan memberikan perintah kepada pemutus beban (PMT) pada saat terjadi gangguan bila besar arus gangguannya melampaui penyetelannya (I_m) dan jangka waktu kerjanya singkat [9].



Gambar 1. Karakteristik relai waktu seketika

c. Relay arus lebih waktu tertentu (*Definite time relay*)

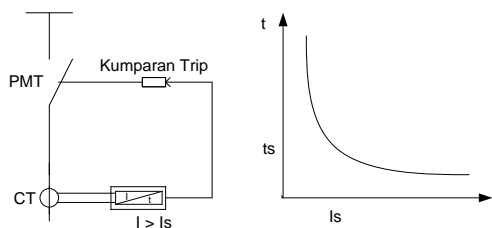
Relay arus lebih waktu tertentu (*Definite time relay*) memberikan perintah kepada pemutus beban (PMT) pada saat terjadi gangguan bila besar arusnya melampaui penyetelannya (arus setnya) dan jangka waktu kerja relay mulai (*pick up*) sampai kerja relay diperpanjang dengan waktu tertentu dan tidak tergantung pada besarnya arus gangguan.



Gambar 2. Karakteristik relai waktu definite

d. Relay arus lebih waktu terbalik (*inverse*)

Relay arus lebih waktu terbalik (*inverse*) memberikan perintah kepada pemutus beban (PMT) jika besar arus gangguan melampaui arus penyetelan dan jangka waktu kerja relay dari *pick up*, waktunya berbanding terbalik dengan besar arusnya. Jadi dapat disimpulkan jika relay arus lebih waktu terbalik memiliki waktu operasi yang cukup sedikit untuk arus yang gangguannya cukup besar dan waktu operasi akan semakin lama untuk gangguan arus yang lebih kecil.



Gambar 3. Karakteristik relai waktu inverse

Karakteristik waktu inverse dibedakan dalam empat kelompok:

1. Standar inverse (SI)

$$t = \frac{0,14}{\left(\left(\frac{I_{hs}}{I_{sOCR}}\right)^{0,02}\right) - 1} \text{ tms}$$

2. Very invers (VI)

$$t = \frac{13,5}{\left(\frac{I_{hs}}{I_{sOCR}}\right) - 1} \text{ tms}$$

3. Extremely invers

$$t = \frac{80}{\left(\left(\frac{I_{hs}}{I_{sOCR}}\right)^2\right) - 1} \text{ tms}$$

4. Long time inverse

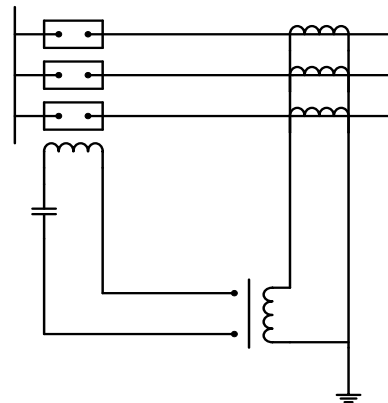
$$t = \frac{120}{\left(\frac{I_{hs}}{I_{sOCR}}\right) - 1} \text{ tms}$$

(turunan dari teori karakteristik waktu inverse ada pada bagian pembahasan hal.13)

Ground Fault Relay (GFR)

Ground fault relay (GFR) merupakan arus gangguan terhadap tanah. GFR bekerja berdasarkan prinsip hubungan antara fasa nol pada trafo arus yang ditunjukkan pada gambar 4.

Trafo arus di hubungkan secara paralel hingga arus fasa nol dapat di capai. Aliran fasa nol akan terjadi apabila ada ketidak sesuaian arus ketanah dengan tanah netral, jenis proteksi ini akan bekerja bila gangguan tidak melibatkan tanah [10].



Gambar 4. rangkaian GFR

Sistem Koordinasi

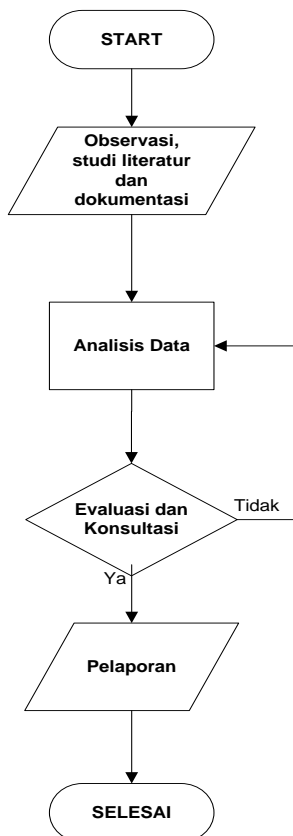
Dalam sistem pengaman SUTM 20kV, untuk menyalurkan arus listrik sampai konsumen terdapat berbagai pengaman, salah satunya yaitu PMT yang terdapat dibagian sisi hulu pada penyulang atau sisi 20kV Gardu Induk, serta recloser yang terpasang pada jaringan SUTM.

Dalam menjaga kestabilan dan keandalan jaringan maka diperlukannya koordinasi antar pengaman terutama dengan PMT di bagian sisi hulu penyulang, dimana relai *over current relay* (OCR)/ *ground fault relay* (GFR) tidak boleh trip sebelum recloser terkunci (*lock out*).

II. METODE PENELITIAN

Penelitian tugas akhir ini, merupakan jenis penelitian analisa. Tahapan penelitian tugas akhir diuraikan sebagai berikut: studi lapangan dan identifikasi masalah, studi literatur, dokumentasi, menganalisa data, konsultasi dengan pakar, pembuatan jurnal sebagai hasil dari penelitian.

Tahapan penelitian tugas akhir pada tahap studi lapangan dan identifikasi masalah dilakukan proses observasi, observasi dilakukan untuk memperoleh data langsung dari lapangan, studi literatur dilakukan untuk menambah referensi berkaitan dengan penelitian, pada tahap dokumentasi dilakukan untuk memperoleh data penyulang Palasari (PLSI), dan data trafo, di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Barat dan Banten Area Bandung. Pada tahap analisa data menggunakan analisis deskriptif yaitu memaparkan tentang koordinasi peralatan sistem proteksi untuk melindungi jaringan distribusi dari gangguan, serta bagaimana pemilihan seting relai yang paling cocok untuk digunakan. Pada tahap konsultasi dengan pakar direalisasikan dalam bentuk konsultasi kepada dosen pembimbing maupun dosen kompeten terhadap penelitian tugas akhir analisa koordinasi recloser dan PMT penyulang Palasari (PLSI) PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Barat dan Banten Area Bandung.



Gambar 5. flowchart pelaksanaan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data Lapangan

Tabel 1. Data Trafo 9 Saluran Incoming 20kV Penyulang Palasari (PLSI)

No.	Nama	Uraian
1	Merk	UNINDO
2	Kapasitas	60 MVA
3	Tegangan sisi primer (kV1)	150 kV
4	Tegangan sisi sekunder (kV2)	20 kV
5	Frekuensi	50 Hz
6	Reaktansi Trafo	16,11%
7	NGR trafo	12 ohm
8	Ratio CT	2000/5
9	Hubungan Belitan	YynO
10	Arus nominal trafo	1734 A
11	$I_{hs\ 3\phi\ tt}$	12.500 A

Sumber : PT. PLN (Persero) DJBB Area Bandung

Tabel 2. Data Ratio CT

No.	Nama	Ratio CT
1	Incoming Penyulang	2000/5
2	Penyulang PLSI	800/5
3	Rec. CKU Penyulang PLSI	1000/1

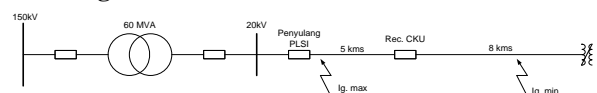
Sumber: PT. PLN (Persero) DJBB Area Bandung

Tabel 3. Data Impedansi Penyulang PLSI

No.	Nama	Jenis Kabel	SUT M (kms)	Impedansi	R	jX
1	Penyulang PLSI	AA AC 150 mm ²	13,2	Z1=Z2	0,216	0,331
				Z0	0,363	1,618

Sumber : PT. PLN (Persero) DJBB Area Bandung

Perhitungan



Gambar 6: diagram satu garis penyulang palasari (PLSI)

1. Impedansi trafo (Z_{tr})

$$Z_{tr} = \frac{(\text{tegangan sisi sekunder})^2}{\text{Daya trafo}} \times 16,11\% = \frac{(20)^2}{60} \times 16,11 = 1,074 \text{ ohm}$$
2. Daya hubung singkat sisi primer (MVA_{hstt})

$$MVA_{hstt} = \frac{I_{hs3\phi tt} \times Z_{tr} \times \sqrt{3} \times kV_1}{10^3} = \frac{12.500 \times 1,074 \times \sqrt{3} \times 150}{10^3} = 3.487,92 \text{ MVA}$$
3. Impedansi sisi TT (Z_{tt})

$$Z_{tt} = \frac{kV_2^2}{MVA_{hstt}} = \frac{(20)^2}{3.487,92} = 0,115 \text{ ohm}$$

Tabel 4. Perhitungan impedansi penyulang urutan positif dan negatif ($Z_1 = Z_2$)

% panjang	Impedansi Penyulang Urutan Positif dan Negatif ($Z_1=Z_2$)				
1	1% (2,851 + j4,369)	=	0,029	+j	0,044
10	10% (2,851 + j4,369)	=	0,285	+j	0,437
20	20% (2,851 + j4,369)	=	0,570	+j	0,874
30	30% (2,851 + j4,369)	=	0,855	+j	1,311
40	40% (2,851 + j4,369)	=	1,140	+j	1,748
50	50% (2,851 + j4,369)	=	1,425	+j	2,185
60	60% (2,851 + j4,369)	=	1,710	+j	2,622
70	70% (2,851 + j4,369)	=	1,995	+j	3,059
80	80% (2,851 + j4,369)	=	2,280	+j	3,496
90	90% (2,851 + j4,369)	=	2,565	+j	3,933
100	100% (2,851 + j4,369)	=	2,851	+j	4,369

Tabel 5. Data impedansi penyulang urutan Nol (Z_0)

% panjang	Impedansi Penyulang Urutan Nol (Z_0)
1	0,029 + j0,044
10	0,285 + j0,437
20	0,570 + j0,874
30	0,855 + j1,311
40	1,140 + j1,748
50	1,425 + j2,185
60	1,710 + j2,622
70	1,995 + j3,059
80	2,280 + j3,496
90	2,565 + j3,933
100	2,851 + j4,369

1	1% (4,792+ j21,45)	=	0,048	+j	0,215
10	10% (4,792+ j21,45)	=	0,479	+j	2,145
20	20% (4,792+ j21,45)	=	0,958	+j	4,290
30	30% (4,792+ j21,45)	=	1,437	+j	6,435
40	40% (4,792+ j21,45)	=	1,916	+j	8,580
50	50% (4,792+ j21,45)	=	2,395	+j	10,725
60	60% (4,792+ j21,45)	=	2,874	+j	12,870
70	70% (4,792+ j21,45)	=	3,353	+j	15,015
80	80% (4,792+ j21,45)	=	3,832	+j	17,160
90	90% (4,792+ j21,45)	=	4,311	+j	19,305
100	100% (4,792+ j21,45)	=	4,792	+j	21,45

Tabel 6. Data impedansi ekuivalen urutan positif dan negatif ($Z_{1eq} = Z_{2eq}$)

% panjang	Impedansi Ekuivalen Penyulang Urutan Positif dan Negatif ($Z_1=Z_2$)		
1	j1,189 + (0,029 + j0,044)	=	0,029 + j1,233
10	j1,189 + (0,285 + j0,437)	=	0,285 + j1,626
20	j1,189 + (0,570 + j0,874)	=	0,570 + j2,063
30	j1,189 + (0,855 + j1,311)	=	0,855 + j2,5
40	j1,189 + (1,140 + j1,748)	=	1,140 + j2,937
50	j1,189 + (1,425 + j2,185)	=	1,425 + j3,374
60	j1,189 + (1,710 + j2,622)	=	1,710 + j3,811

70	$j1,189 + (1,995 + j3,059)$	=	$1,995 + j4,248$
80	$j1,189 + (2,280 + j3,496)$	=	$2,280 + j4,685$
90	$j1,189 + (2,565 + j3,933)$	=	$2,565 + j5,122$
100	$j1,189 + (2,851 + j4,369)$	=	$2,851 + j5,558$

Tabel 7. Data impedansi ekuivalen urutan nol (Z_{0eq})

% panjang	Impedansi Ekuivalen Penyulang Urutan Nol (Z_0)	=	
1	$(j3,222+36)+(0,048 + j0,215)$	=	$36,048 + j3,437$
10	$(j3,222+36)+(0,479 + j2,145)$	=	$36,479 + j5,367$
20	$(j3,222+36)+(0,958 + j4,290)$	=	$36,958 + j7,512$
30	$(j3,222+36)+(1,437 + j6,435)$	=	$37,437 + j9,657$
40	$(j3,222+36)+(1,916 + j8,580)$	=	$37,916 + j11,802$
50	$(j3,222+36)+(2,395 + j10,725)$	=	$38,395 + j13,947$
60	$(j3,222+36)+(2,874 + j12,870)$	=	$38,874 + j16,092$
70	$(j3,222+36)+(3,353 + j15,015)$	=	$39,353 + j18,237$
80	$(j3,222+36)+(3,832 + j17,160)$	=	$39,832 + j20,382$
90	$(j3,222+36)+(4,311 + j19,305)$	=	$40,311 + j22,527$
100	$(j3,222+36)+(4,792 + j21,45)$	=	$40,792 + j24,672$

4. Arus gangguan maksimum

a. $I_{hs\ 3\Phi\ max} = \frac{kV_{fn}}{Z_{1eq}} = \frac{11,547}{1,140 + j2,937} = 3,665,15\ A$

b. $I_{hs\ 2\Phi\ max} = \frac{\sqrt{3} \cdot kV_{fn}}{Z_{1eq} + Z_{2eq}} = \frac{20,000}{2 \times (1,140 + j2,937)} = 3,174,11\ A$

c. $I_{hs\ 1\Phi n\ max} = \frac{3kV_{fn}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}} = \frac{3 \times 20,000}{\sqrt{3}} = 40,196 + j17,676 = 788,89\ A$

5. Arus gangguan minimum

a. $I_{hs\ 3\Phi\ min} = \frac{kV_{fn}}{(Z_{1eq})} = \frac{20,000/\sqrt{3}}{2,851 + j5,558} = 1,848,54\ A$

b. $I_{hs\ 2\Phi\ min} = \frac{\sqrt{3} \cdot kV_{fn}}{Z_{1eq} + Z_{2eq}} = \frac{20,000}{2 \times (2,851 + j5,558)} = 1,600,88\ A$

c. $I_{hs\ 1\Phi n\ min} = \frac{3kV_{fn}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}} = \frac{3 \times 20,000}{\sqrt{3}} = 46,494 + j35,788 = 590,41\ A$

6. Setting OCR recloser penyulang PLSI

a. Ratio CT : 1000/5

b. $I_{set\ OCR} = 300\ A$

c. $I_{set\ OCR\ sek} = 300 \times \frac{1}{\text{ratio CT}} = 300 \times \frac{1}{1000} = 1,5\ A$

d. Setting waktu kerja relay OCR pada recloser penyulang PLSI

- Waktu kerja paling ujung (t) = 0,3 detik

- $I_{hs\ 3\Phi} = 1,848,54\ A$

$0,14 \times TMS$

$t = \frac{(I_{fault})^{0,02} - 1}{I_{set}}$

$0,3 = \frac{(1,848,54)^{0,02} - 1}{\frac{0,14 \times TMS}{300}}$

$TMS = 0,08$

- $I_{hs\ 2\Phi} = 1,600,88\ A$

$0,14 \times TMS$

$t = \frac{(I_{fault})^{0,02} - 1}{I_{set}}$

$0,3 = \frac{(1,600,88)^{0,02} - 1}{\frac{0,14 \times TMS}{300}}$

$TMS = 0,07$

- $I_{hs\ 1\Phi} = 590,41\ A$

$0,14 \times TMS$

$t = \frac{(I_{fault})^{0,02} - 1}{I_{set}}$

$0,3 = \frac{(590,41)^{0,02} - 1}{\frac{0,14 \times TMS}{300}}$

$TMS = 0,03$

7. Setting OCR pada PMT Penyulang PLSI

a. Ratio CT : 800/5

b. $I_{set\ OCR} = 480\ A$

c. $I_{set\ OCR\ sek} = 480 \times \frac{1}{\text{ratio CT}} = 480 \times \frac{1}{800} = 3\ A$

- d. Setting waktu kerja OCR pada PMT Penyulang PLSI
- Waktu kerja di penyulang (t) = 0,3+0,4 detik
 - $I_{hs\ 3\phi} = 3.665,15\text{ A}$
 - $$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,7 = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{3.665,15}{480}\right)^{0,02} - 1}$$

$$\text{TMS} = 0,21$$
 - $I_{hs\ 2\phi} = 3.174,11\text{ A}$
 - $$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,7 = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{3.174,11}{480}\right)^{0,02} - 1}$$

$$\text{TMS} = 0,19$$
 - $I_{hs\ 1\phi} = 788,89\text{ A}$
 - $$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,7 = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{788,89}{480}\right)^{0,02} - 1}$$

$$\text{TMS} = 0,049$$
8. Setting GFR recloser penyulang PLSI
- a. Ratio CT : 1000/5
 - b. Arus gangguan tanah terkecil 590,41 A
 - $I_{\text{set primer}} = 10\% \times 590,41\text{ A}$ (10% untuk menampung tahanan busur)
$$= 59,04\text{ A}$$ - $I_{\text{set sekunder}} = 59,04 \times \frac{1}{\text{ratio CT}}$

$$= 59,04 \times \frac{5}{1000}$$

$$= 0,2952\text{ A}$$
- c. Setting waktu GFR recloser penyulang PLSI
- Waktu kerja paling ujung (t) = 0,3 detik
 - $$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,3 = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{590,41}{59,04}\right)^{0,02} - 1}$$

$$\text{TMS} = 0,101$$
9. Setting GFR pada PMT penyulang PLSI
- a. Ratio CT : 800/5
 - b. Arus gangguan tanah terkecil 788,89 A
 - $I_{\text{set primer}} = 8\% \times 788,89\text{ A}$ (8% untuk cadangan bagi relay di Rec. CKU)
$$= 63,11\text{ A}$$ - $I_{\text{set sekunder}} = 63,11 \times \frac{1}{\text{ratio CT}}$

$$= 63,11 \times \frac{5}{800}$$

$$= 0,394\text{ A}$$
- c. Setelan waktu GFR pada PMT penyulang PLSI

- Waktu kerja di penyulang (t) = 0,3 + 0,4 detik

$$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,7 = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{788,89}{63,11}\right)^{0,02} - 1}$$

$$\text{TMS} = 0,259$$

10. Setting arus momen (Im) Penyulang PLSI
- a. Is momen OCR = 400% x 800 A = 3200 A
 - b. Is momen GFR = 600% x 800 A = 4800 A
11. Setting Arus momen (Im) Recloser penyulang PLSI
- a. Is momen OCR = 200% x 1000 A = 2.000 A
 - b. Is momen GFR = 400% x 1000 A = 4.000 A

Tabel 8. Data hasil perhitungan setting OCR dan GFR

Nama	I _{fault} (A)	OCR			GFR		
		t (detik)	T M S	I _m (A)	t (detik)	T M S	I _m (A)
PMT Penyulang PLSI	3.665,15	0,7	0,21	3.200	-	-	4.800
	3.174,11	0,7	0,19		-	-	
	788,89	0,7	0,049		0,7	0,259	
Recloser Penyulang PLSI	1.848,54	0,3	0,08	2.000	-	-	4.000
	1.600,88	0,3	0,07		-	-	
	590,41	0,3	0,03		0,3	0,101	

IV. KESIMPULAN

1. $I_{\text{set fasa}}$ relay OCR PMT penyulang PLSI di setting sebesar 480 A dan Recloser di setting sebesar 300 A. Arus *instantaneous setting* relay OCR PMT PLSI di setting sebesar 3.200 A dan recloser di setting sebesar 2.000 A.
2. $I_{\text{set ground}}$ relay GFR PMT penyulang PLSI di setting sebesar 63,11 A dan recloser di setting sebesar 59,04 A. Arus *instantaneous setting* relay GFR PMT PLSI di setting sebesar 4.800 A dan recloser di setting 4.000 A.

3. *Standar Inverse* (SI) digunakan pada waktu kerja PMT dan recloser penyulang palasari (PLSI), dimana koordinasi kedua peralatan pengaman tersebut dibedakan waktu kerja relay (t). Waktu kerja relay di PMT penyulang PLSI di setting dengan $t=0,7$ detik dan recloser di setting dengan $t=0,3$ detik.

V. REFERENSI

- [1] Suswanto, D. (2009). Sistem Distribusi Tenaga Listrik. *Padang: Universitas Negeri Padang*.
- [2] Fayyadl, M., Sukmadi, T., & Winardi, B. (2011). Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Daya Listrik Dengan Metode Algoritma Genetika. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 8(2), 76-83.
- [3] PLN, P. (2010). Standar Kontruksi Gardu Distribusi Dan Gardu Hubung Tenaga Listrik. *PT. PLN (Persero), Jalan Trunajoyo Blok M-1/Kebayoran Lama, Jakarta Selatan*.
- [4] Wrahatnolo, T. (2008). Teknik Distribusi Tenaga Listrik.
- [5] PLN, P. (2014). Pedoman Penyambungan Pembangkit Listrik Energi Terbarukan Ke Sistem Distribusi PLN. *PT. PLN (Persero): Jakarta*.
- [6] Hasan, B. (2012). Analisis Penggunaan Gas Sf6 Pada Pemutus Tenaga (PMT) Di Gardu Induk Cigereleng Bandung. *Electrans*, 11(2), 81-93.
- [7] MUKHLISIN, M. (2014). *PENENTUAN KAPASITAS PEMUTUS TENAGA (PMT) DENGAN MEDIA GAS PADA GARDU INDUK SEDUDUK PUTIH* (Doctoral Dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- [8] Agung Wahyudi, N., & Subekti, L. (2011, July). PENGONTROLAN PEMUTUS BALIK OTOMATIS DENGAN LAYANAN PESAN SINGKAT. In *Seminar Nasional Informatika 2011* (Pp. B8-B19).
- [9] Hidayat, A. W. (2013). Analisa Setting Rele Arus Lebih Dan Rele Gangguan Tanah Pada Penyulang Topan Gardu Induk Teluk Betung. *Electrician: Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 7(3), 108-115.
- [10] Baskara, I., Sukerayasa, I. W., & Ariastina, W. G. (2015). Studi Koordinasi Peralatan Proteksi OCR Dan GFR Pada Penyulang Tibubeneng. *Teknik Elektro*, 14(2).