

STUDI KOORDINASI OCR DAN GFR SALURAN DISTRIBUSI PENYULANG SANDA UNTUK MENINGKATKAN KONTINUITAS PELAYANAN

I Putu Gede Aras Widya Pratama, I Gede Dyana Arjana², Cok. Gede Indra Partha³
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Email : araswidyapratama@gmail.com¹, dyanaarjana@unud.ac.id²
cokindra@unud.ac.id³

Abstrak

Penyulang sanda disuplai oleh Gardu Induk Antosari melalui transformator unit II dan memiliki 3 buah *recloser* yaitu *recloser* pempatan, *recloser* bangsing dan *recloser* palisan. Berdasarkan data rekapitulasi gangguan tahun 2017 dari PT PLN (Persero) UP2D Bali, hampir setiap bulannya dominan terjadi gangguan yaitu hubung singkat 2 fasa dan 1 fasa ke tanah pada saluran penyulang sanda. Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada Penyulang Sanda adalah saat terjadi gangguan hubung singkat antar fasa dan gangguan 1 fasa ke tanah yang berada diujung jaringan penyulang dan menyebabkan trip secara bersamaan pada *recloser* yang berada pada pangkal jaringan penyulang sehingga menyebabkan relai penyulang Sanda padam. Hal ini menunjukkan perlu adanya analisis evaluasi *setting* koordinasi proteksi sistem OCR dan GFR pada *recloser* dan relai Penyulang Sanda untuk menimalisir gangguan sehingga meningkatkan kontinuitas pelayanan. Berdasarkan hasil analisis dan simulasi, pada kondisi *setting* eksisting OCR dan GFR menunjukkan adanya kurva koordinasi yang berhimpitan dan nilai *grading time* masih di bawah 0,3 detik. Hasil simulasi dan *setting* hasil perhitungan OCR dan GFR yang dilakukan menunjukkan sistem proteksi bekerja secara selektif dengan tidak adanya kurva koordinasi yang saling berhimpitan dan nilai *grading time* di atas 0,3 detik sesuai standar IEC 60255.

Kata kunci : Koordinasi Sistem Proteksi, *Recloser*, OCR dan GFR

Abstract

The Sanda feeder is supplied by Antosari Substation through transformer unit II and it has 3 reclosers, they are pempatan recloser, bangsing recloser and palisan recloser. Based on the 2017 disturbance fault recapitulation data from PT PLN (Persero) Bali, it has been phase-phase and 1-phase ground short circuit in Sanda feeders almost every month. One of the problems that often occurs in Sanda Feeders is when a phase-phase and 1-phase ground fault occurs at the end of the feeder network and causes simultaneous trips to the recloser at the base of feeder network, causing the Sanda feeder relay to blackout. This shows the system need to analyze the evaluation of the coordination settings for the OCR and GFR protection system on the recloser and Sanda Feeder relays to minimize disturbances so as to improve service continuity. The analysis and simulation results represent that, the existing setting conditions of OCR and GFR has coincide coordination curves and the grading time is still below 0.3 seconds. The calculation and simulation of OCR and GFR that are carried out show that the protection system works selectively in the absence of coincide coordinating curves and a time grading value above 0.3 seconds according to the IEC 60255 standard.

Keyword: Protection System Coordination, *Recloser*, OCR and GFR

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan listrik yang terus meningkat perlu ditunjang dengan sistem distribusi tenaga listrik dengan kontinuitas dan keandalan tinggi [1]. Suatu sistem tenaga listrik sering mengalami permasalahan dan gangguan sehingga mengganggu aliran daya secara kontinu serta kualitas aliran daya yang tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan yaitu IEC 60255 [2].

Penyulang Sanda menyuplai tenaga listrik di daerah perbatasan antara Kabupaten Tabanan dan Kabupaten Buleleng. Penyulang Sanda masuk dalam wilayah PT. PLN (Persero) UP2D Bali Utara. Penyulang ini disuplai oleh Gardu Induk Antosari melalui Transformator unit II. Penyulang Sanda memiliki panjang total 99 km. Pada Penyulang ini terdapat, 15 LBS (*Load Break Switch*) dan 3 buah *recloser* yaitu *recloser* pemampatan, *recloser* bangsing dan *recloser* palisan [3].

Pada sistem distribusi sering terjadi permasalahan yaitu pemadaman pada penyulang 20 kV yang disebabkan oleh gangguan hubung singkat [4]. Berdasarkan data rekapitulasi gangguan dari PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pengatur Distribusi Bali, hampir setiap bulannya dominan terjadi gangguan hubung singkat antar fasa dan gangguan 1 fasa ke tanah pada penyulang Sanda. Permasalahan yang banyak timbul pada Penyulang Sanda adalah saat terjadi gangguan hubung singkat 2 fasa dan gangguan 1 fasa ke tanah yang berada di ujung jaringan penyulang dan telah menyebabkan *trip* secara bersamaan pada *recloser* yang berada pada pangkal jaringan penyulang sehingga menyebabkan penyulang padam. Jika *setting* OCR dan GFR yang berada di *recloser* dan *incoming feeder* kurang koordinasi, maka hal tersebut dapat mengakibatkan pemadaman total (*blackout*). Data *setting* kondisi *existing* OCR *low-set relay* penyulang Sanda sebesar 300 Ampere dengan nilai TMS 0,125, *recloser* pemampatan sebesar 200 Ampere dengan nilai TMS 0,05, *recloser* bangsing sebesar 200 Ampere dengan nilai TMS 0,05, dan *recloser* palisan sebesar 140 Ampere dengan nilai TMS 0,05. *Setting high-set* OCR penyulang Sanda sebesar 2080 Ampere, *recloser* pemampatan 1450 Ampere, *recloser* bangsing 1450 Ampere dan *recloser* palisan sebesar 800 Ampere.

Selanjutnya untuk *setting* GFR *relay* penyulang Sanda sebesar 48 Ampere dengan nilai TMS 0,25, *recloser* pemampatan 40 Ampere dengan nilai TMS 0,2, *recloser* bangsing 40 dengan nilai TMS 0,1 dan *recloser* palisan sebesar 25 Ampere dengan nilai TMS 0,05 A. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis koordinasi pada setiap peralatan proteksi serta menentukan *setting* proteksi yang sesuai antara *recloser* pemampatan, bangsing, dan palisan pada penyulang sanda untuk meningkatkan kontinuitas pelayanan.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Impedansi Sumber

Kapasitas daya hubung singkat dapat dihitung dengan persamaan (1) [5].

$$MVA_{sc} = \sqrt{3} \times I_{hs} \times V_{primer} \quad (1)$$

Sehingga mendapatkan persamaan impedansi sumber menggunakan persamaan (2) dan (3) [5].

$$Z_{s1} = \frac{V_{primer}^2}{MVA_{sc}} \quad (2)$$

$$Z_{s2} = \frac{kV_2^2}{kV_1^2} \times Z_{s1} \quad (3)$$

2.2 Impedansi Transformator

Impedansi transformator dapat dihitung menggunakan persamaan (4) dan (5) [5].

$$Z_{T1} = \%X_T \times \frac{E_{TM}^2}{MVA_{TR}} \quad (4)$$

$$Z_{T0} = 10 \times Z_{T1} \quad (5)$$

2.3 Impedansi Penyulang

Impedansi penyulang urutan positif, negatif dan nol dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [5]:

a. Impedansi penyulang urutan positif dan negatif dihitung dengan persamaan (6)

$$Z1 = Z2 = \% \text{ panjang} \times \text{panjang penyulang} \quad (6)$$

(km) x Z1/Z2 (ohm)

b. Impedansi penyulang urutan nol dihitung dengan persamaan (7)

$$Z0 = \% \text{ panjang} \times \text{panjang penyulang} \quad (7)$$

Zo (ohm)

2.4 Impedansi Ekuivalen Penyulang

Impedansi ekuivalen penyulang urutan positif, negatif dan nol dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [5]:

a. Impedansi ekuivalen urutan positif dan negatif dihitung dengan persamaan (8).

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{s2} + Z_{t1} + Z_1 \text{ penyulang} \quad (8)$$

- b. Impedansi ekivalen urutan nol dihitung menggunakan persamaan (9).

$$Z_{0eq} = Z_{t0} + 3RN + Z_0 \text{ penyulang} \quad (9)$$

2.5 Arus Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat yang sering timbu adalah sebagai berikut:

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

Persamaan yang digunakan menghitung arus hubung singkat adalah sebagai berikut [6]:

- a. Gangguan Hubung Singkat 3 fasa dapat dihitung dengan persamaan (10)

$$I_{3fasa} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq} 100\% \text{ Zona 1}} \quad (10)$$

- b. Gangguan Hubung Singkat 2 fasa dapat dihitung dengan persamaan (11)

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

- c. Gangguan Hubung Singkat 1 fasa ke tanah dapat dihitung dengan persamaan (12)

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

2.6 Setting Arus OCR dan GFR

Setting Arus OCR menggunakan persamaan (13) [6].

$$I_{set} (pri) = 1.2 \times I_{beban} \quad (13)$$

Setting Arus GFR menggunakan persamaan (14) [6]

$$I_{set} (primer) = 6\% \text{ s/d } 12\% \times I_{hs \text{ terkecil}} \quad (14)$$

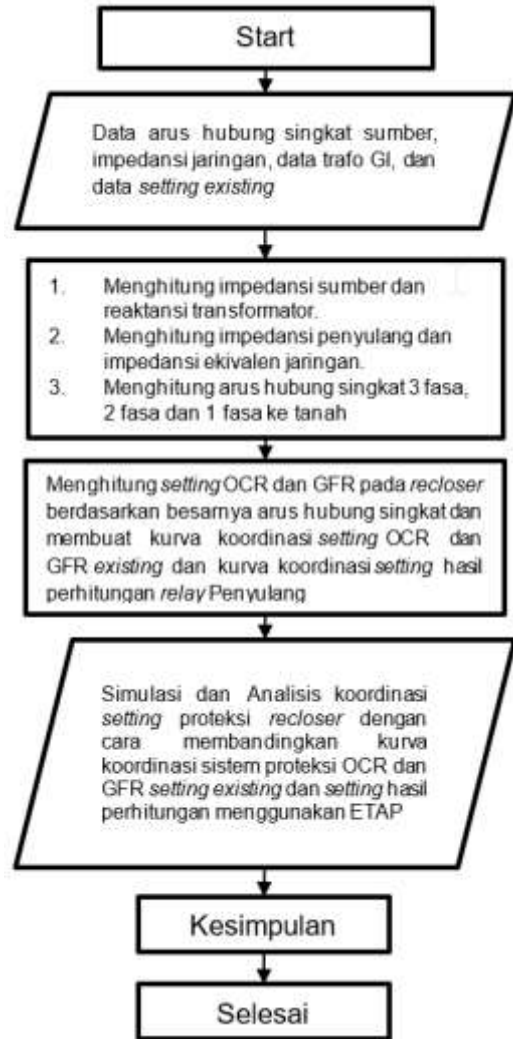
2.7 Setting Waktu OCR dan GFR

Setting Waktu OCR dan GFR menggunakan persamaan (15) [6].

$$tms = \frac{\left[t \times \left[\frac{I_{fault}}{I_{set}} \right]^{0.02} - 1 \right]}{0.14} \quad (15)$$

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dapat diketahui melalui diagram alir penelitian seperti gambar 1.

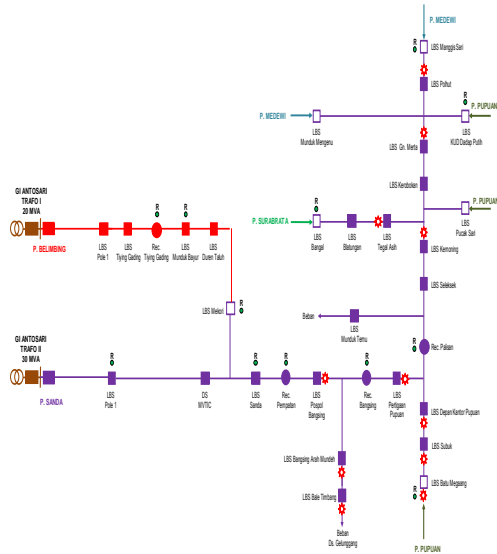


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Jaringan Penyulang Senda

Penyulang Senda menerima sumber daya listrik melalui trafo II GI Antosari sebesar 30 MVA. Penyulang Senda memiliki panjang jaringan sebesar 114,937 kms. Penyulang Senda memiliki 3 buah *recloser* yaitu *recloser* pempatan, *recloser* bangsing dan *recloser* palisan. *Single line* Penyulang Senda dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Single Line Penyulang Sanda

4.2 Perhitungan Setting Sistem Proteksi Penyulang Sanda

Data yang akan digunakan untuk menganalisis koordinasi *setting* proteksi di Penyulang Sanda seperti tabel 1 [7].

Tabel 1 Data Trafo Gardu Induk Antosari

Data Trafo II Gardu Induk Antosari	
Merk	UNINDO
Kapasitas	30 MVA
Impedansi Trafo	12,61%
Tegangan Primer	150 kV
Tegangan Sekunder	20 kV
Arus Nominal Primer	115,473 A
Arus Nominal Sekunder	866,051 A
Arus Hubung Singkat sisi bus 150KV	9,44 kA
Vektor Group	YNyn0
Rasio CT Primer (150 kV)	200 : 1
Rasio CT Sekunder (20 kV)	1000 : 5
Pentanahan Netral (NGR)	40 Ω

4.2.1 Perhitungan Impedansi Sumber GI Atosari

Berdasarkan data arus hubung singkat (I_{hs}) pada sisi bus 150 kV pada tabel 1 sebesar 9,44 kA, maka dapat diperoleh kapasitas daya hubung singkat (MVA_{sc}) pada sisi bus 150 kV dengan persamaan (1).

$$MVA_{sc} = \sqrt{3} \times I_{hs} \times V_{primer}$$

$$MVA_{sc} = \sqrt{3} \times 9,44 \text{ kA} \times 150 \text{ kV}$$

$$MVA_{sc} = 2452,583 \text{ MVA}$$

Impedansi sumber (Z_{S1}) pada sisi bus 150 kV dihitung menggunakan persamaan menggunakan persamaan (2).

$$Z_{S1} = \frac{V_{primer}^2}{MVA_{sc}}$$

$$Z_{S1} = \frac{150^2 \text{ kV}}{2452,583 \text{ MVA}}$$

$$Z_{S1} = 9,174 \Omega$$

Perhitungan untuk mendapatkan impedansi pada sisi 20 kV dihitung dengan persamaan (3).

$$Z_{S2} = \frac{kV_2^2}{kV_1^2} \times Z_{S1}$$

$$Z_{S2} = \frac{20^2}{150^2} \times 917,4$$

$$Z_{S2} = 0,163 \Omega$$

4.2.2 Perhitungan Impedansi Transformator Penyulang Sanda

Untuk memperoleh nilai impedansi urutan positif *transformator* (Z_{T1}), dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4).

$$Z_{T1} = \%X_T \times \frac{E_{TM}^2}{MVA_{TR} \times 20^2}$$

$$Z_{T1} = 12,61 \% \times \frac{30}{20^2}$$

$$Z_{T1} = 12,61 \% \times \frac{30}{20^2}$$

$$Z_{T1} = 1,6813 \Omega$$

Dari data yang didapatkan di PT.PLN (Persero) bahwa trafo daya GI Antosari II mempunyai hubungan belitan YNYN0 tanpa adanya belitan delta. Jadi besarnya nilai Z_{T0} dapat dicari menggunakan persamaan (5).

$$Z_{T0} = 10 \times Z_{T1}$$

$$Z_{T0} = 10 \times 1,6813 \Omega$$

$$= 16,813 \Omega$$

4.2.3 Perhitungan Impedansi Jaringan Penyulang Sanda

Impedansi jaringan urutan positif dan impedansi urutan nol penyulang sanda dan pada ujung tiap-tiap zona proteksi dapat diperoleh dengan menggunakan data-data seperti pada tabel 2 [7].

Tabel 2 Data jenis penghantar dan panjang jaringan penyulang Sanda

Zona	Jenis Penghantar	Z1 (Ω/km)	Z0 (Ω/km)	Panjang Jaringan
1	MVTIC 150 mm ²	0,206 + j 0,104	0,356 + j 0,312	16,956 km
	AAAC 150 mm ²	0,2162 + j 0,3305	0,3631 + j 1,618	3,209 km
2	AAAC 150 mm ²	0,2162 + j 0,3305	0,3631 + j 1,618	23,430 km
3	AAAC 150 mm ²	0,2162 + j 0,3305	0,3631 + j 1,618	33,790 km
4	AAAC 150 mm ²	0,2162 + j 0,3305	0,3631 + j 1,618	40,761 km

Nilai impedansi jaringan yang digunakan pada analisis ini adalah pada titik 1% dan 100% panjang jaringan tiap-tiap zona. Nilai impedansi urutan positif jaringan zona 1 pada titik 1% dapat diperoleh dengan persamaan (6).

$$Z1_{jar1 \ 1\%} = ((Z1_{MVTIC \ 150 \ mm^2} \times 16,956) + (Z1_{AAAC \ 150 \ mm^2} \times 3,209)) \times 1\%$$

$$= ((0,206 + j 0,104 \times 16,956) +$$

$$\begin{aligned} & (0,2162 + j0,3305 \times 3,209) \times 1\% \\ & = (4,187 + j2,824) \times 1\% \\ & = (0.042 + j0.028) \Omega \end{aligned}$$

Impedansi urutan positif dan impedansi urutan nol jaringan distribusi penyulang Sanda pada tiap-tiap zona proteksi pada titik 1% dan 100% panjang jaringan menggunakan persamaan (7).

Tabel 3 Impedansi Jaringan Penyulang Sanda

Persentase Panjang Jaringan Penyulang		Impedansi Jaringan Urutan Positif Z1 = Z2 (Ω)		Impedansi Jaringan Urutan Nol Z0 (Ω)	
		R	jX	R	jX
		Zona 1	1%	0,042	0,028
	100%	4,187	2,824	7,202	10,482
Zona 2	1%	4,237	2,901	7,287	10,862
	100%	9,252	10,568	15,709	48,392
Zona 3	1%	9,325	10,679	15,832	48,939
	100%	16,558	21,735	27,978	103,064
Zona 4	1%	16,646	21,870	28,126	103,724
	100%	25,370	35,207	42,778	169,016

4.2.4 Perhitungan Impedansi Ekuivalen Penyulang Sanda

Berdasarkan tabel 3, Impedansi ekuivalen urutan positif, negatif dan nol pada titik 100% panjang jaringan zona 1 dapat dihitung menggunakan persamaan (8) dan persamaan (9).

$$\begin{aligned} Z_{1eq} &= Z_{S2} + Z_{T1} + Z_{1JAR1\ 100\%} \\ Z_{1eq} &= j0,163 + j1,6813 + 4,187 + j2,824 \\ Z_{1eq} &= 4,187 + j4,668 \\ Z_{0eq} &= Z_{T0} + 3R_N + Z_{0JAR1\ 100\%} \\ Z_{0eq} &= j16,813 + 3 \times 40 + 7,202 + j10,482 \\ Z_{0eq} &= 127,202 + j27,296 \end{aligned}$$

Impedansi ekuivalen urutan positif (Z1eq) dan impedansi ekuivalen urutan nol (Z0eq) pada tiap-tiap zona proteksi pada panjang jaringan titik 1% dan 100% dapat dihitung dengan metode yang sama seperti pada tabel 4.

Tabel 4 Impedansi Ekuivalen Jaringan Penyulang Sanda

Persentase Panjang Jaringan Penyulang		Impedansi Ekuivalen Urutan Positif Z1 eq = Z2 eq (Ω)		Impedansi Ekuivalen Urutan Nol Z0 eq (Ω)	
		R	jX	R	jX
		Zona 1	1%	0,042	1,873
	100%	4,187	4,668	127,202	27,296
Zona 2	1%	4,237	4,746	127,287	27,675
	100%	9,252	12,412	135,709	65,206
Zona 3	1%	9,325	12,524	135,832	65,752
	100%	16,558	23,580	147,978	119,878
Zona 4	1%	16,646	23,714	148,126	120,337
	100%	25,370	37,051	162,778	185,829

4.2.5 Perhitungan Arus Hubung Singkat Penyulang Sanda

Arus hubung singkat antar 3 fasa pada panjang jaringan titik 100% zona 1 adalah dapat dihitung menggunakan persamaan (10).

$$\begin{aligned} I_{3fasa} &= \frac{V_{ph}}{Z_{1eq} 100\% \text{ Zona } 1} \\ &= \frac{20.000/\sqrt{3}}{4,187 + j4,668} \\ &= \frac{11,547}{\sqrt{4,187^2 + 4,668^2}} \\ I_{3\phi} &= 1841,4 \text{ A} \end{aligned}$$

Arus hubung singkat antar 2 fasa pada panjang jaringan titik 100% zona 1 menggunakan persamaan (11).

$$\begin{aligned} I_{2fasa} &= \frac{V_{ph-ph}}{2 \times Z_{1eq}} \\ &= \frac{20000}{2 \times 4,187 + j4,668} \\ I_{2fasa} &= \frac{20000}{\sqrt{8,374^2 + 9,336^2}} \\ I_{2fasa} &= 1594,69 \text{ A} \end{aligned}$$

Arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah dapat dihitung besarnya menggunakan persamaan (12)

$$\begin{aligned} I_{1fasa} &= \frac{3 \times V_{ph}}{2 \times Z_{1eq} + Z_{0eq}} \\ &= \frac{3 \times 20000/\sqrt{3}}{(2 \times (4,187 + j4,668)) + 127,202 + j27,296} \\ I_{1fasa} &= 246,67 \text{ A} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan arus hubung singkat pada penyulang sanda tiap zona proteksi adalah seperti tabel 5.

Tabel 5 Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat Penyulang Sanda

Titik Jaringan		If 3fasa (A)	If 2fasa (A)	If 1fasa (A)
Zona 1	1%	6164,54	5338,64	284,13
	100%	1841,40	1594,69	246,67
Zona 2	1%	1814,92	1571,76	246,11
	100%	745,88	645,95	193,99
Zona 3	1%	739,52	640,44	193,32
	100%	400,76	347,07	140,61
Zona 4	1%	398,54	345,15	140,11
	100%	257,14	222,69	102,98

4.3 Setting OCR dan GFR Penyulang Sanda

4.3.1 Setting Arus dan Waktu OCR dan GFR Penyulang Sanda

Perhitungan setting arus pada OCR dan GFR menggunakan karakteristik *inverse time* dapat dihitung dengan persamaan (13) dan (14).

- Setting Arus OCR dan GFR *Recloser* Palisan

$$\begin{aligned} I_{set\ OCR} &= 1,2 \times 23 \text{ A} = 28 \text{ A} \\ I_{set\ GFR} &= 0,1 \times 102,98 \text{ A} = 10,298 \text{ A} \end{aligned}$$
- Setting Arus OCR dan GFR *Recloser* Bangsing

$$\begin{aligned} I_{set\ OCR} &= 1,2 \times 52 \text{ A} = 62 \text{ A} \\ I_{set\ GFR} &= 0,1 \times 140,61 \text{ A} = 14,061 \text{ A} \end{aligned}$$

3. Setting Arus OCR dan GFR *Recloser* Pempatan

$$I_{set\ OCR} = 1,2 \times 67\ A = 80\ A$$

$$I_{set\ GFR} = 0,1 \times 193,99\ A = 19,4\ A$$

4. Setting Arus OCR dan GFR *Relay* Penyulang Senda

$$I_{set\ OCR} = 1,2 \times 100\ A = 120\ A$$

$$I_{set\ GFR} = 0,1 \times 246,67\ A = 24,667\ A$$

Perhitungan *setting* waktu OCR dan GFR menggunakan persamaan (15).

1. Setting Waktu *Recloser* Palisan
TMS OCR *recloser* palisan

$$tms = \frac{0,1 \times \left[\frac{398,54}{28} \right]^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$tms = 0,04$$

TMS GFR *recloser* palisan

$$tms = \frac{0,1 \times \left[\frac{140,11}{10,3} \right]^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$tms = 0,04$$

2. Setting Waktu *Recloser* Bangsing
TMS OCR *recloser* bangsing

$$tms = \frac{0,2 \times \left[\frac{739,52}{62} \right]^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$tms = 0,07$$

TMS GFR *recloser* bangsing

$$tms = \frac{0,2 \times \left[\frac{193,32}{19,4} \right]^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$tms = 0,08$$

3. Setting Waktu *Recloser* Pempatan
TMS OCR *recloser* pempatan

$$tms = \frac{0,3 \times \left[\frac{1814,92}{80} \right]^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$tms = 0,14$$

TMS GFR *recloser* pempatan

$$tms = \frac{0,3 \times \left[\frac{246,11}{19,4} \right]^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$tms = 0,11$$

4. Setting Waktu *Relai* Penyulang Senda
TMS OCR *Relai* Penyulang Senda

$$tms = \frac{0,4 \times \left[\frac{6164,54}{120} \right]^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$tms = 0,23$$

TMS GFR *Relai* Penyulang Senda

$$tms = \frac{0,4 \times \left[\frac{284,13}{24,67} \right]^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$tms = 0,14$$

Berdasarkan hasil perhitungan *setting* arus dan TMS OCR dan GFR pada

recloser palisan, *recloser* bangsing, *recloser* pempatan dan *relay* penyulang Senda maka didapatkan hasil perhitungan *setting* koordinasi OCR dan GFR pada tabel 6.

Tabel 6 Hasil Perhitungan *Setting* OCR dan GFR Penyulang Senda

SETTING	RELAY PENYULANG SANDA	RECLOSER	RECLOSER	RECLOSER		
		PEMPATAN	BANGSING	PALISAN		
		OCR	I Set (A)	120	80	62
Low-Sett	Kurva	SI	SI	SI	SI	
	TMS	0,23	0,14	0,07	0,04	
OCR	I Set (A)	1276	517	278	178	
	Hi-Sett	Kurva	Definite	Definite	Definite	Instantaneous
		T (Sec)	0,4	0,3	0,2	0
GFR	I Set (A)	24,67	19,4	14,06	10,3	
	Kurva	SI	SI	SI	SI	
	TMS	0,14	0,11	0,08	0,04	

4.4 Analisis Koordinasi Sistem Proteksi Penyulang Senda

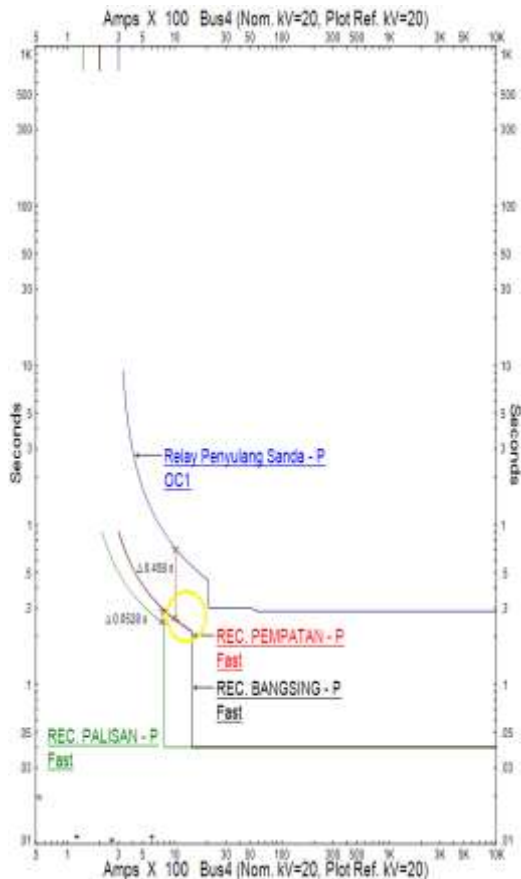
4.4.1 Analisis Koordinasi OCR dan GFR *Setting* Eksisting

Berdasarkan data *setting existing* OCR, GFR dan *recloser* Penyulang Senda ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 7 Data *Setting* Eksisting OCR dan GFR Penyulang Senda

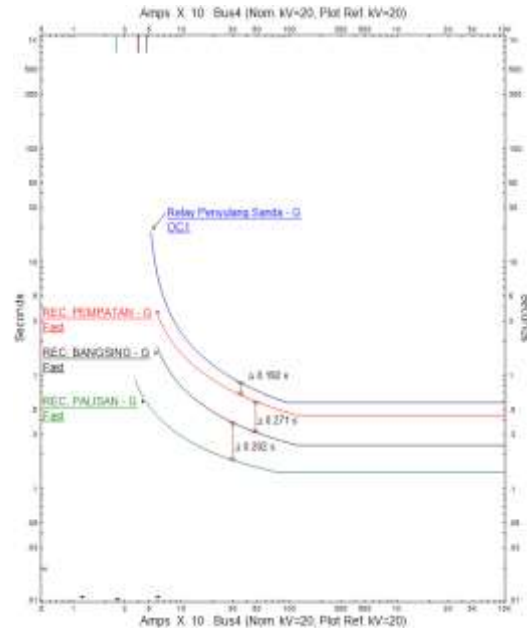
SETTING	RELAY PENYULANG SANDA	RECLOSER	RECLOSER	RECLOSER	
		PEMPATAN	BANGSING	PALISAN	
		OCR	I Set (A)	300	200
Low-Sett	Kurva	SI	SI	SI	SI
	TMS	0,125	0,05	0,05	0,05
OCR	I Set (A)	1500	1450	1450	800
	Hi-Sett	T (Sec)	0,3	0	0
GFR	I Set (A)	48	40	40	25
	Kurva	SI	SI	SI	SI
	TMS	0,25	0,2	0,1	0,05

Berdasarkan data *setting* eksisting pada tabel 7, dapat disimulasikan menggunakan ETAP 12.6 sehingga mendapatkan hasil kurva koordinasi seperti pada gambar 3.



Gambar 3 Kurva Koordinasi Setting Eksisting OCR Penyulang Sanda

Berdasarkan kurva koordinasi OCR *setting* eksisting pada gambar 3, dapat menunjukkan bahwa *grading time* antara *recloser* palisan dengan *recloser* bangsing adalah sebesar 0,0528 detik. *Grading time* antara *recloser* palisan dengan *recloser* bangsing masih berada dibawah standard IEC 60255 yaitu 0,3 - 0,5 detik serta adanya garis kurva yang saling berhimpitan antara *recloser* bangsing dan *recloser* pempatan. Garis kurva yang saling berhimpitan men/unjukkan adanya kesalahan koordinasi dan kurang selektifnya *setting* OCR antara *recloser* bangsing dan *recloser* pempatan, hal ini dapat mengakibatkan *overlapping* atau relai bekerja trip secara bersamaan. Sehingga perlu adanya *setting* ulang OCR pada sistem proteksi penyulang Sanda.

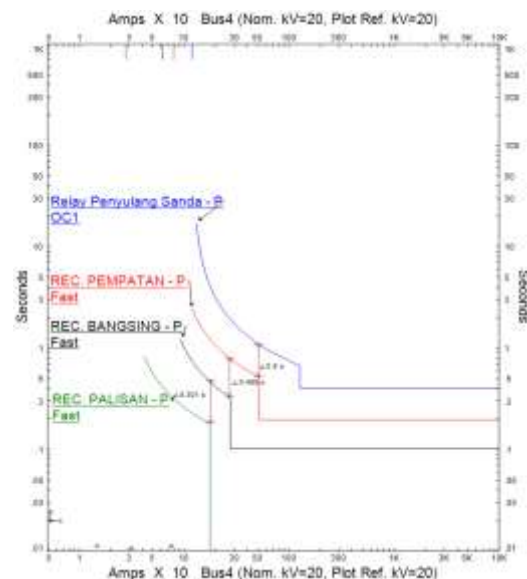


Gambar 4 Kurva Koordinasi Setting Eksisting GFR Penyulang Sanda

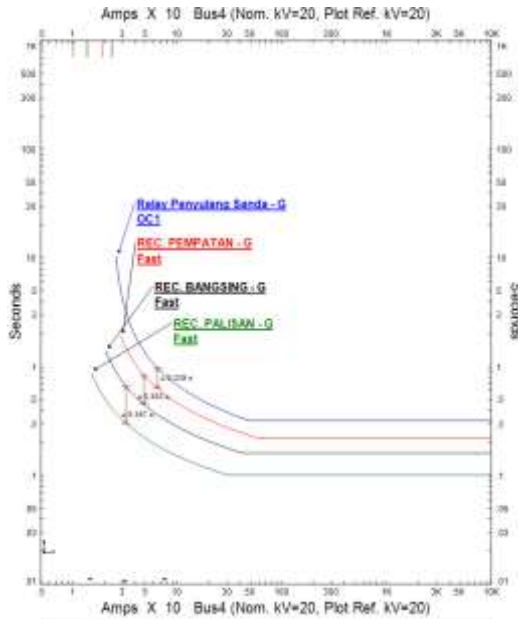
Berdasarkan kurva koordinasi GFR pada gambar 4, *grading time* antara *recloser* palisan, bangsing, pempatan dan relay Penyulang Sanda masih berada dibawah 0,3 detik sehingga tidak sesuai standar IEC 60255 yaitu 0,3 - 0,5 detik.

4.4.2 Analisis Koordinasi OCR dan GFR *Setting* Ulang Hasil Perhitungan

Hasil Simulasi pada ETAP 12.6 menghasilkan kurva koordinasi OCR dan GFR seperti pada gambar 5 dan 6.



Gambar 5 Kurva Koordinasi Proteksi *Setting* OCR Hasil Perhitungan Penyulang Sanda



Gambar 6 Kurva Koordinasi Proteksi Setting GFR Hasil Perhitungan Penyulang Senda

Hasil simulasi dan analisis berdasarkan setting ulang OCR dan GFR pada gambar 5 dan gambar 6, hasil setting perhitungan menunjukkan koordinasi sistem proteksi antara relay penyulang Senda, recloser pempatan, recloser bangsing dan recloser palisan sudah sesuai dan selektif karena tidak adanya garis kurva yang berhimpitan atau bersinggungan dan nilai *grading time* atau jeda waktu pada setiap peralatan sistem proteksi sudah sesuai standar IEC 60255 yaitu 0,3 - 0,5 detik sehingga tidak menyebabkan peralatan proteksi bekerja atau *trip* secara bersamaan.

V. SIMPULAN

Kondisi setting eksisting OCR pada peralatan sistem proteksi penyulang Senda yaitu recloser bangsing, recloser pempatan dan recloser palisan belum sesuai sehingga koordinasi sistem proteksi belum selektif karena menunjukkan nilai *grading time* atau jeda waktu kerja antara 3 recloser masih dibawah 0,3 detik serta adanya kurva koordinasi yang berhimpitan antara recloser bangsing dan recloser pempatan yang bisa mengakibatkan peralatan bekerja atau *trip* secara bersamaan pada saat gangguan terjadi.

Penyulang Senda diperoleh nilai setting hasil perhitungan TMS = 0,23 SI pada setting OCR relay penyulang Senda, TMS = 0,14 SI pada setting OCR recloser pempatan, TMS = 0,07 SI pada setting

OCR recloser bangsing dan TMS = 0,04 SI pada setting OCR recloser palisan. Nilai TMS = 0,14 pada setting GFR relay penyulang Senda, TMS = 0,11 SI pada setting GFR recloser pempatan, TMS = 0,08 SI pada setting GFR recloser bangsing dan TMS = 0,04 SI pada setting GFR recloser palisan menunjukkan hasil simulasi koordinasi sistem proteksi antara relay penyulang Senda, recloser pempatan, recloser bangsing dan recloser palisan sudah sesuai dan selektif dan nilai *grading time* atau jeda waktu pada setiap peralatan sistem proteksi sudah sesuai standar IEC 60255 yaitu 0,3 - 0,5 detik sehingga tidak menyebabkan peralatan proteksi bekerja atau *trip* secara bersamaan

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Udiana, A.B., Arjana, I. G. D., & Partha, C. G. I. 2017. Studi Analisis Koordinasi Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada Recloser di Saluran Penyulang Penebel. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 16(2), 37-42.
- [2] International Electrotechnical Commission. 60255-151. 2009. Measuring relays and protection equipment. IEC: Switzerland
- [3] Kusuma, I.G.K., Arjana, I. G. D., & Wijaya, I.W.A. 2017. Studi Analisa Koordinasi Relai GFR Incoming Busbar 20 kV dan GFR Saluran Dalam Mengamankan Gangguan Satu Fasa Ke tanah di Transformator 3 Gardu Induk Kapal. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 16(2), 20-24.
- [4] Cahyadi, I M. D., Arjana, I. G D., & Pelayun, A.A. G. M. 2018. Studi Koordinasi Kerja Rele Diferensial Dan Rele Restricted Earth Fault Setelah Uprating pada Transformator II di GI Kapal. *Jurnal Spektrum*, 5(1), 49-54
- [5] Stevenson Jr. 1984. *Analisa Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta : Erlangga
- [6] Pribadi, N., Wahyudi, S.N. 2012. *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta : Garamond
- [7] PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D) Bali. 2019. *Data Setting Proteksi Sistem Distribusi Bali*. PT PLN (Persero).