

STUDI KOORDINASI SISTEM PENGAMAN PADA TRANSFORMATOR DAYA PT. PLN (PERSERO) P3B SUB REGION BALI DI GARDU INDUK PADANG SAMBIAN

I Putu Chandra Adinata¹, AA Gede Maharta Pamayun², Antonius Ibi Weking³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: chandraadinata83507@gmail.com¹, maharta@ee.unud.ac.id², tony@ee.unud.ac.id³

ABSTRAK

Transformator merupakan peralatan utama pada GI yang sangat penting. Kerusakan pada transformator akan dapat mengganggu penyaluran listrik, sehingga harus mendapatkan pengamanan yang tepat. Setting relay yang tepat merupakan suatu upaya untuk melindungi dan mengamankan sistem transformator di Gardu Induk Padang Sambian. Dalam beberapa peranan upaya untuk melindungi Transformator daya bila terjadi gangguan hubungan singkat antara fasa dan fasa ketanah dengan menggunakan relay arus lebih (OCR), maka pada sikripsi ini akan dilakukan Studi Koordinasi Sistem Pengamanan Transformator Daya di Gardu Induk Padang Sambian. Hasil perhitungan relay arus lebih (OCR) pada trafo 150KV yang telah dilakukan didapatkan hasil setting arus sisi primer CT sebesar 254,1 A dan untuk sisi sekunder sebesar 3,178 A. Untuk waktu kerja aktual relay didapatkan hasil sebesar 0,91 detik, apabila arus melebihi nilai setting ini maka akan terjadi trip. Hasil perhitungan relay arus lebih (OCR) pada trafo 20KV yang telah dilakukan didapatkan hasil setting arus sisi primer CT sebesar 1905 A dan untuk sisi sekunder didapatkan sebesar 4,76 A. Dan untuk waktu kerja aktual relay didapatkan hasil sebesar 3,69 detik, apabila arus melebihi nilai setting ini maka akan terjadi trip.

Kata Kunci : Koordinasi, Pengamanan, Transformator.

ABSTRACT

The transformer is the main equipment that is very important at the substation. However, sometimes there can be damage to the transformer used. Damage to the transformer will be able to disrupt the distribution of electricity, so it must get the right security, determining the right relay setting is an attempt to protect equipment, system security and consumer needs from possible disruption in the distribution system. In some roles, efforts to protect the power transformer if there is a short circuit between phase and phase to the ground, then this study will study the coordination of the security system of power transformers in Padang Sambian main substation. The results of the calculation of overcurrent relay (OCR) on the 150KV transformer that has been done is obtained the results of the CT primary side current setting of 254.1 A and for the secondary side of 3.178 A. For the actual working time of the relay is 0.91 seconds, if the current exceeds value of this setting there will be a trip. The results of the calculation of overcurrent relay (OCR) on the 20KV transformer that has been done is obtained the results of the CT primary side current setting of 1905 A and for the secondary side is obtained for 4.76 A. For the actual working time relay result is 3.69 seconds, if the current exceeds the value of this setting there will be a trip.

Keywords: Coordination, Security, Transformer.

1. PENDAHULUAN

Transformator daya dapat berfungsi dengan lancar dibutuhkan sistem proteksi

(pengaman) yang baik. Sistem pengaman diharapkan juga bisa menjaga agar transformator tidak mengalami kerusakan

akibat adanya gangguan yang terjadi dari gangguan hubung singkat, baik itu hubung singkat antar fasa ataupun fasa ketanah. Sistem kerja peralatan proteksi ini di harapkan dapat bekerja dengan cepat, tepat, sensitiff, selektif serta handal saat menangani segala gangguan yang dapat terjadi. Koordinasi sistem pengamanan diperlukan untuk melakukan pengamanan pada transformator dari suatu gangguan hubung singkat. Sistem proteksiyang digunakan untuk melindungi trasformator adalah relay OCR (Over Current Relay), GFR (Ground Fault Relay), dan Relay SBEF(stand by earth fault). Relay - relay ini akan berkoordinasi apabila terdapat gangguan hubung singkat, serta lonjakan arus yang terlampau besar bisa merusak Transformator itu sendiri. Ketika kenaikan arus melebihi nilai maka, relay OCR akan bekerja. Dalam beberapa peranan upaya untuk melindungi Transformator daya bila terjadi gangguan hubungan singkat antara fasa dan fasa ketanah, maka pada sikripsi ini akan dilakukan Studi Koordinasii Sistem Pengamanan Transformator Daya di Gardu Induk Padang Sambian.

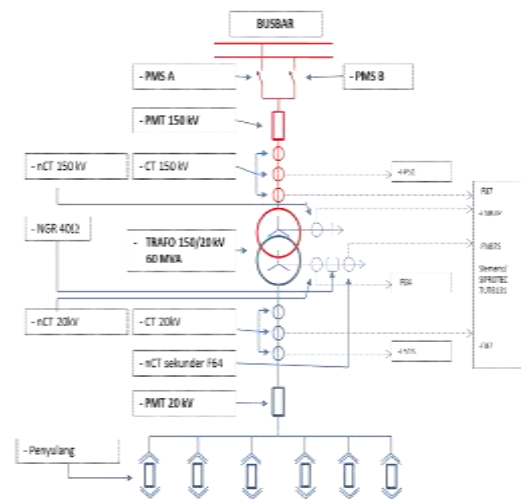
2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 TRANSFORMATOR TENAGA

Transformator daya dapat memindahkan arus bolak-balik dari suatu rangkaian primer ke rangkaian sekunder dengan tegangan dan arus berubah, namun dengan frekuensi yang tepat[1]. Berdasarkan tegangan operasinya dapat d bedakan menjadi transformator 500/150 Kv dan 150/70 Kv atau disebut dengan interbus transformator (IBT). Transformator 150/20 Kv dan 70/20 Kv bisa juga transformator distribusi.

2.2 Prinsip Kerja Relay arus lebih (OCR)

Sistem proteksi yang mempunyai system pelindung saat terjadi gangguan disebut dengan Relay arus lebih. Ketika kenaikan arus sistem melebihi nilai dalam jangka waktu tertentu, maka relay akan bekerja. Relay arus lebih memiliki fungsi utama untuk mendeteksi arus lebih pada sistem, lalu relay akan mengirim sebuah perintah pada pemutus beban (PMT) untuk membuka sistem tersebut [2].



Relay Arus Lebih merupakan relay proteksi yang berfungsi sebagai pengaman transformator, NGR atau Neutral Ground System , serta penyulang 20kV. Jika dalam belitan terdapat aliran arus yang melebihi batas yang ditetapkan, maka relay akan bekerja.

OCR atau relay arus lebih memproteksi transformator agar terhindar dari gangguan hubung singkat antar fasa. Sedangkan dalam memproteksi terhadap gangguan fasa tanah menggunakan Relay Arus Gangguan tanah atau Ground Fault Relay (GFR). Prinsip kerja dari GFR hampir sama dengan OCR, yang berbeda hanya fungsi dan elemen sensor arus. Berdasarkan waktu dan cara kerja, relay arus lebih dapat dibagi menjadi empat jenis yaitu relay arus lebih waktu terbalik (Inverse Time Relay), relay arus lebih waktu tertentu (Definite Time Relay), relay arus lebih waktu seketika (Instantaneous Relay), relay arus lebih inverse time minimum time (IDMT) [3]. Berdasarkan karakteristiknya, relay arus lebih dibagi menjadi 3 yaitu :

1. Relay arus lebih seketika (*Instantaneous*)
2. Relay arus lebih waktu tertentu (*Definite Time*)
3. Relay arus lebih waktu terbalik (*Inverse Time*)

2.2.1 Perhitungan Setting Relay Arus Lebih

Dasar dalam melakukan setting arus pada relay arus lebih dapat menggunakan

rumus P.S.M (*Plug Setting Multiplier*), sebagai berikut[4]:

$$P.S.M = \frac{FaultCurrent}{CTRatio \times CurrentSetting} \quad (1)$$

Relay inversee biasaa diset sebesar 1,05 – 1,1 x Inom, sedangkan definit diset sebesar 1,2 – 1,3 x Inom.

2.2.2 Perhitungan Setting Waktu Tunda

Nilai waktu tunda (*t_d*) dapat dicari dengan besar arus hubung singkat (*I_f*), *setting*/Penyetelan arusnya (*I_{set}*), dan kurva karakteriistik relay yang digunakan. Persamaan (3) digunakan untuk mencari nilai waktu tunda (*t_d*)relay [5].

$$t_d = \frac{(I_f/I_{set})^{\alpha} - 1}{\beta} \times t \quad (2)$$

Nilai waktu aktual relay bekerja terhadap gangguan maksimum dapat dapat dihitung menggunakan Persamaan (4).

$$t = \frac{\beta}{(I_f/I_{set})^{\alpha} - 1} \times t_d \quad (3)$$

Waktu kerja relay arus lebih sesuai pada tipe kurva dari alat tersebut. Untuk tabel kurva waktu kerja dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Konstanta Perhitungan Waktu Tunda Relay Arus Lebih Waktu Terbalik [7]

Tipe Kurva	α	B
IEC Standart Inverse	0,02	0,14
IEC Very Inverse	1,0	13,50
IEC Extremely Inverse	2,0	80,00

2.3 Prinsip Dasar Perhitungan Penyetelan Ground fault relay (GFR)

Relay hubung tanah lebih dikenal dengan GFR dimana prinsip kerjanya sama dengan relay arus lebih, hanya berbeda dalam kegunaannya. Jika GFR yang dapat mendeteksi apakah ada hubung singkat ke tanah, sedangkan relay OCR dapat mendeteksi adanya hubung singkat antar fasa.

2.3.1 Perhitungan Setting Relay GFR

Arus untuk mensetting relay GFR di kedua sisi primer ataupun sekunder yaitu:

$$Arus\ setingan\ primer(I_{set}) = 0,2 \times I_{nom} \quad (4)$$

Nilai itu merupakan nilai primer sebagai acuan nilai setting pada skunder sehingga relay GFR dapat disetting. Maka dalam menghitung harus memakai rasio transformator arus (CT) yang telah terpasang disisi primer ataupun skunder pada transformator tenaga. Berikut ini merupakan rumus dalam setting arus pada relay GFR :

$$I_{gr} = \frac{0,2 \cdot I_{nom}}{CT} \quad (5)$$

2.3.2 Prinsip Dasar Perhitungan Penyetelan Waktu Relay GFR

Pada umumnya penyetelan relay arus lebih sesuai dengan batas minimum. Jika ada suatu gangguan hubung singkat di beberapa seksi berikutnya, maka relay arus akan bekerja. Agar pengamanannya lebih selektif, maka penyetelan waktunya dirangkai secara bertingkat.

Syarat dalam mensetting waktu (*T_d*/Time dial atau TMS / Time multiple setting) dari relay arus lebih menggunakan karakteristik waktu terbalik, dimana harus mengetahui data sebagai berikut:

1. Besar arus yang terdapat pada hubung singkat.
2. Penyetelan atau setting arusnya (*I_{set}*).
3. Kurva karakteriistik relay yang digunakan.

Untuk rumus yang di gunakan pada perhitungan *T_d* atau Time dial adalah sebagai berikut:

$$T_d = \frac{(I_f/I_s)^{0,02} - 1}{0,14} \cdot 1,2 \quad \text{dan} \quad T_{act} = \frac{0,14}{(I_f/I_s)^{0,02} - 1} \cdot T_d \quad (6)$$

2.4 Arus Hubung Singkatt

Pada aruss hubung singkat dapat diakibatkan oleh adanya gangguan dari luar maupun dari dalam jaringan. Sebelum menghitung nilai gangguan hubung singkat diperlukan nilai impedansi sumber dan impedansi trafo. Impedansi sumber dapat dihitung dengan data hubung singkat dalam

bus primer trafo memakai Persamaan (7) [6].

$$Z_{hs} = \frac{V_p \times 1000}{\sqrt{3} \times I_f} \quad (7)$$

Menghitung Impedansi transformator menggunakan nilai reaktansinya, sedangkan tahanan diabaikan karena nilainya kecil. Nilai reaktansi dapat dihitung memakai Persamaan dibawah ini (8).

$$Z_{tr} = \frac{V_p^2 \times Z_t}{S} \quad (8)$$

Jaringan system kelistrikan mempunyai 3 permasalahan pada gangguan hubung singkat yaitu, gangguan hubung singkat 3 fase, gangguan hubung singkat 1 fase ke tanah, gangguan hubung singkat antar fase [7].

Ada dua gangguan hubung singkat 3 fasa yaitu 150 kV dan 20 kV. Menghitung nilai Gangguan hubung singkat 3 fasa 150 kV dapat dihitung dengan Persamaan (9).

$$I_{3\phi(150)} = \frac{V_p \times 10^3}{\sqrt{3} \times (Z_{hs} + Z_{tr})} \quad (9)$$

Mencari Nilai Gangguan hubung singkat 3 fasa 20 kV dapat dihitung Persamaan (10).

$$I_{3\phi(20)} = I_{3\phi(150)} \times \frac{V_p}{V_s} \quad (10)$$

Terdapat dua Gangguan hubung singkat antar fasanya yaitu 150 kV dan 20 kV. Menghitung nilai Gangguan hubung singkat antar fasa 150 kV dapat menggunakan Persamaan (11).

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{3\phi(150)} \quad (11)$$

Menghitung nilai Gangguan hubung singkat antar fasa 20 kV dengan menggunakan Persamaan (12).

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{3\phi(20)} \quad (12)$$

Nilai Gangguan hubung singkat pada 1 fasa ke tanah dihitung menggunakan Persamaan (13).

$$\frac{V_s \times 1000}{\sqrt{3} \times NGR} \quad (13)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Analisis data penelitian ini yang pertama yaitu mengumpulkan data dari arus hubung singkat Transformator daya GI Padang sambian, data NGR (Netral Ground

Resistor), dan data relay REF (Restricted Earth Fault). Analisa arus hubung singkat yang terjadi di transformator daya GI Padang sambian. Analisa pentanahan titik netral transformator. Koordinasi setting pengaman transformator terhadap gangguan hubung singkat satu fasa tanah.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Transformator di Gardu Induk Padang Sambian

GI atau Gardu Induk yang berada di Padang Sambian memiliki transformator tenaga dengan kapasitas 60 MVA. Di Gardu Induk Padang sambian terdapat Transformator dengan spesifikasi yang di jelaskan pada tabel 2.

Tabel 2 Data Transformator di GI Padang sambian [8]

No	Spesifikasi	Transformator
1	Merk	UNINDO
2	Daya (S)	60 MVA
3	Tegangan	Vp = 150 kV Vs = 20kV
4	Impedansi (Zt)	0,1243 pu
5	Resistansi NGR	40 Ω
6	Trafo Arus	CTp = 300/5 CTs = 2000/5
7	Arus Nominal Trafo	Ip = 230,94 A Is = 1732 A
8	Nilai lhs total	lhs = 9,737 Ka

4.2 Menghitung Impedansi Sumber dan Impedansi Trafo Tenaga

Perhitungan hubung singkat di Gardu Induk Padang Sambian, pertama dengan menghitung impedansi sumber, maka dari itu data hubung singkat diambil pada bus transformator 150kV dan juga dari hitung impedansi penyulang. Menghitung Impedansi hubung singkat sisi 150 kV menggunakan persamaan (7) :

$$Z_{hs} = \frac{150}{1.732 \cdot 14.285} = 6.07 \Omega$$

Perhitungan Impedansi transformator dengan mengambil nilai reaktansinya dan tahanan diabaikan karena nilainya kecil. Impedansi transformator sisi 150 kV menggunakan persamaan (8) :

$$Z_{tr} = \frac{150^2 \cdot 0.0125}{60 \cdot 100} = 46.875 \Omega$$

4.3 Arus Hubung Singkat 3Phasa, 2 Phasa, dan 1 Phasa ke Tanah

Arus gangguan yang akan dihitung yaitu arus hubungan singkat antar 3 fasa, antar 2 fasa, dan hubung singkat 1 fasa-tanah.

Tabel 3 Data Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat Pada Transformator

No	Perhitungan	Trafo 60 MVA
1	I3Ø(150)	1635 A
	I3Ø(20)	12263 A
2	I2Ø(150)	1416 A
	I2Ø(20)	10620 A
3	I1Ø(20)	288,684 A

4.4 Analisis Perhitungan Setting OGS Pada Transformator 3 di Gardu Induk Pesangaran

4.4.1 Setting Relay Arus Lebih (OCR) pada Transformorr 150 kV

Berikut perhitungan yang dilakukan untuk mencari nilai pada setting arus dan waktu kerja pengaman relay arus lebih (OCR) pada transformator :

a) Berdasarkan persamaan (1) setting arus relay arus lebih sebagai berikut:

$$I_{set} = \frac{1.1}{1} \times 231 \text{ A}$$

$$I_{set} = 254.1 \text{ A (primer)}$$

$$I_{set} = \frac{254.1}{80} \times 1 \text{ A}$$

$$I_{set} = 3.178 \text{ A (sekunder)}$$

b) Setting waktu relay arus lebih

Waktu kerja padarelay arus lebih transmisi diharapkan sebesar t = 1 detik (PT.PLN, 2014). Perhitungan nilai time delay (td) relay arus lebih dengan menggunakan persamaan (2) adalah sebagai berikut :

$$td = \frac{(1.416/254.1)^{0.02} - 1}{0.14} \times 1$$

$$td = 0.024 \text{ SI}$$

Perhitungan nilai waktu kerja relay arus lebih menggunakan persamaan : (3)

$$t = \frac{0.14}{(1635/254.1)^{0.02} - 1} \times 0.024$$

$$t = 0.14 \text{ detik}$$

Hasil setting arus disisi primer CT sebesar 254,1A dan hasil setting arus di sisi sekunder CT sebesar 3,178 A. Sedangkan untuk setting waktu kerja actual relay didapat hasil sebesar 0,91 detik. Waktu kerja actual ini menunjukkan relay akan bekerja (trip) bila arus hubung singkat melewati nilai setting arus CT lebih dari 0,14 detik.

4.4.2 Setting Relay Arus Lebih (OCR) pada Transformator 20kV

Berikut perhitungan dalam mencari nilai pada setting arus dan waktu kerja pengaman relay arus lebih (OCR) pada transformator :

a) Berdasarkan persamaan (1) setting arus relay arus lebih sebagai berikut:

$$I_{set} = \frac{1.1}{1} \times 1732 \text{ A}$$

$$I_{set} = 1905 \text{ A (primer)}$$

$$I_{set} = \frac{1905}{400} \times 1 \text{ A}$$

$$I_{set} = 4.76 \text{ A (sekunder)}$$

b) Setting waktu relay arus lebih

Waktu kerja padarelay arus lebih diharapkan sebesar t = 1 detik (PT.PLN, 2014). Perhitungan nilai time delay (td) relay arus lebih dengan menggunakan persamaan (2) adalah sebagai berikut :

$$Td = \frac{(\frac{10620}{1905})^{0.02} - 1}{0.14} \times 1$$

$$td = 0.25 \text{ SI}$$

Perhitungan nilai waktu kerja relay arus lebih menggunakan persamaan (3) adalah sebagai berikut :

$$Td = \frac{0.14}{(\frac{12.263}{1905})^{0.02} - 1} \times 1$$

$$t = 3.69 \text{ detik}$$

Hasil setting arus disisi primer CT sebesar 1905 A dan hasil setting arus di sisi sekunder CT sebesar 4,76 A. Sedangkan untuk setting waktu kerja actual relay didapat hasil sebesar 0,25 SI. Waktu kerja actual ini menunjukkan relay akan bekerja (trip) bila arus hubung singkat

melewati nilai *setting* arus CT lebih dari 3,69detik.

4.5 Perhitungan setting pengaman GFR pada incoming 20kV

Berdasarkan hasil perhitungan nilai dari GFR pada incoming 20 kV dapat di lihat pada perhitungan sebagai berikut:

a. Settiing arus GFR dengan sisi 20 Kv

$$\begin{aligned} \text{Sekunder I}ssg &= \frac{0,2 \cdot 11020}{CT_s} \\ &= \frac{0,2 \cdot 288,684}{2000/5} \\ I_{ssg} &= 0,146 \text{ A} \\ \text{Di pilih} &= 0,15 \text{ A} \end{aligned}$$

Nilai yang di pilih merupakan nilai yang di sesuaikan dengan range dari alat pengaman tersebut.

b. Settiing waktu GFR dengan sisi 20 kV
Waktu kerja RELAY sisi incoming : 2 detik

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{\left(\frac{I_{1\phi 20}}{I_{SP}}\right)^{0,02} - 1}{0,14} \times 2 \\ &= \frac{\left(\frac{288,684}{I_{SSP}}\right)^{0,02} - 1}{0,14} \times 2 \\ &= 0,036 \text{ Si} \\ \text{Di pilih} &= 0,04 \text{ Si} \end{aligned}$$

Nilai yang di pilih merupakan nilai yang di sesuaikan dengan range dari alat pengaman tersebut.

Waktu actual:

$$\begin{aligned} T_{act} &= \frac{0,14}{\left(\frac{I_{1\phi 20}}{I_{SP}}\right)^{0,02} - 1} \times TMS \\ &= \frac{0,14}{\left(\frac{288,684}{254,1}\right)^{0,02} - 1} \times 0,04 \\ &= 2,19 \text{ detik} \end{aligned}$$

4.6 Perhitungan setting pengaman SBEF

Berdasarkan hasil perhitungan nilai setting dari SBEF pada proteksi NGR setelah dilakukan uprating dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut :

a. Setting Arus SBEF pada proteksi NGR
Isbef = 0,3 . Ingr (I1Ø20)
= 0,3 . 288,684 A
= 86,603
Di pilih Isbef = 90 A

Nilai yang di pilih merupakan nilai yang di sesuaikan dengan range dari alat pengaman tersebut.

b. Setting Waktu SBEF pada proteksi NGR

Waktu yang di kehendaki untuk trip tsbef = 7 detik

$$\begin{aligned} T_{sbef} 1 &= \frac{\left(\frac{Ingr}{I_{ms}}\right)^{-1}}{120} \times tsbef \\ &= \frac{\left(\frac{288,675}{90}\right)^{-1}}{120} \times 7 = 0,129 \end{aligned}$$

Di pilih = 0,13 LT

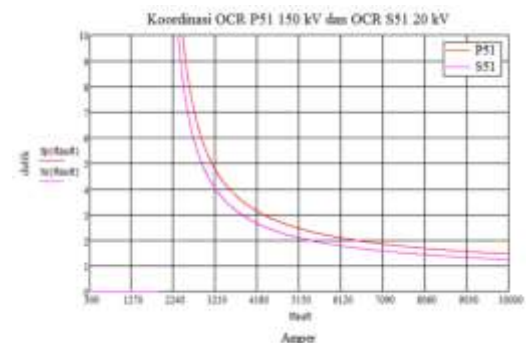
Untuk keamanan NGR, standard penyetulan waktu dari PLN adalah 30% dari service time NGR = 30 detik

$$\begin{aligned} \text{Waktu actual : tsbef} &= \frac{120}{\left(\frac{Ingr}{tsbef}\right)^{-1}} \times tsbef \\ &= \frac{120}{\left(\frac{288,678}{90}\right)^{-1}} \times 0,13 \\ &= 7,067 \text{ detik} \end{aligned}$$

4.6 Koordinasi Relay Pada Transformator di GI Padang Sambian

4.6.1 Koordinasi Relay OCR 150 kV dan 20 kV

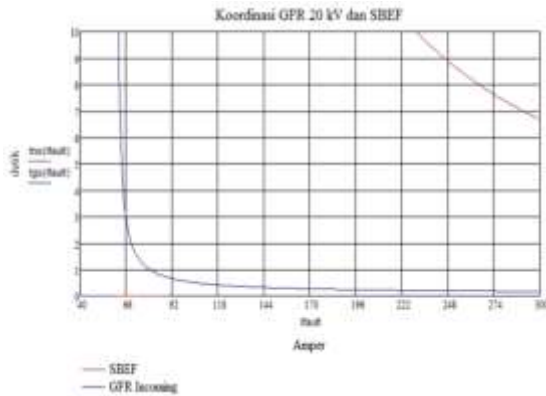
Dari hasil perhitungan pengaman OCR dan GFR yang terdapat di Transformator 60MVA di tampilkan pada grafik untuk mengetahui bahwa pada masing-masing zona yang di amankan oleh pengaman OCR dan GFR berfungsi dengan baik secara koordinatif. Berikut grafik pada koordinasi settiing RELAY dengan primer 150kV, skunder 20 kV, kopel 20 kV serta penyulang 20 kV. Grafik setting RELAY diperoleh dari besar arus gangguan, setting waktu pada RELAY dan karakteristik masing-masing RELAY.



Gambar 1. Hasil grafik koordinasi OCR 150 KV dan OCR 20 KV

Untuk grafik OCR hasil perhitungan dapat di lihat bahwa hasil perhitungannya sudah baik karena tidak ada perpotongan garis pada grafik sehingga relay sudah bekerja sesuai daerah pengamannya.

4.6.2 Koordinasi GFR 20 KV dan SBEF



Gambar 2. Hasil grafik koordinasi GFR 20 KV dan SBEF

Untuk grafik GFR menunjukkan bekerja dengan baik karena grafik yang terbentang tidak ada terputus dan untuk grafik SBEF juga sama dapat bekerja dengan baik. Apabila terjadi gangguan pada kedua grafik akan menunjukkan garis yang terputus – putus.

5. SIMPULAN

Dari hasil analisis perhitungan OCR yang sudah di lakukan untuk OCR sisi 150 kV didapatkan hasil setting arus disisi primer dengan nilai 254,1 A. Sedangkan setelan waktu tunda didapat hasil sebesar 0.024 Sl. Waktu kerja relay adalah 0,14 detik. Untuk sisi 20 kV didapatkan hasil setting arus disisi primer dengan nilai 1905 A. Sedangkan setelan waktu tunda didapat hasil sebesar 0,25 Sl dan waktu kerja relay adalah 3,69 detik. Hasil analisis perhitungan GFR didapat hasil arus 288,684 A dengan memerlukan waktu yang sama, yaitu 0,04Sl dan waktu kerja relay adalah 2,19 detik untuk memproteksi arus gangguan. Pada setting relay SBEF di transformator didapat nilai setting arus yang sebesar 90A, memerlukan waktu kerja relay 7,067detik untuk mengamankan titik netral trafo dari gangguan arus yang terhubung secara singkat dalam suatu

phasa ke tanah. Hasil grafik pengaman transformator memiliki koordinasi setting pengaman yang baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. PLN (Persero). *Proteksi dan Kontrol Transformator*. Kebayoran Baru, Jakarta: .2014
- [2] S. Komarii and W. Soekarto, "Kaidah Umum Penyetelan Relee." PT. PLN Pusdiklat, 1995.
- [3] W. William and J. . Stevenson, *Analisis Sistem Tenaga*. Jakarta: Erlangga, 1994.
- [4] I. Baskara, I. W. Sukerayasa, dan W. G. Ariastina, "Studi Koordinasi Peralatan Proteksi OCR dan GFR pada Penyulang Tibubeneng," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 14, no. 2, hlm. 50, Des 2015.
- [5] E. Putra, "Analisis Koordinasi Setting Relay Pengaman Akibat Uprating Transformator Di Gardu Induk Gianyar," *E-J. SPEKTRUM*, vol. 2 No. 2, Jun. 2015.
- [6] P. Sanjaya, "Analisis Setting Pengaman Transformator Daya Di Gardu Induk Nusa Dua Jika Terjadi Gangguan Hubung Singkat Satu Phasaa Tanah," *E-J. SPEKTRUM*, vol. 4 No. 1, Jun. 2017.
- [7] PT. PLN (Persero) GI Padang Sambian Bali. *Proteksi PLN Gardu Induk Padang Sambian Bali*. Denpasar: 2017