

ANALISIS SETTING RELE OGS SEBAGAI SISTEM PENGAMAN TRANSFORMATOR 3 UNTUK MENJAGA KONTINYUITAS ALIRAN DAYA DI GARDU INDUK PESANGGARAN

I Wayan Alit Wigunawan¹, I Gede Dyana Arjana², Cok Gede Indra Partha³

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

Email : alitwigunawan@yahoo.co.id¹, dyanaarjana@unud.ac.id², cokindra@unud.ac.id³

ABSTRAK

Transformator 3 di GI Pesanggaran mendapat penambahan pembangkit dengan daya maksimum 60 MW. Daya pembangkit digunakan untuk mensuplai beban penyulang di GI Pesanggaran dan juga disalurkan ke sistem transmisi 150 kV di GI Pesanggaran melalui Transformator 3 menuju GI Nusa Dua untuk membantu suplai daya di GI Nusa Dua. Jika terjadi gangguan penyulang di GI Pesanggaran yang menyebabkan beban penyulang terputus, maka daya dari pembangkit yang dialirkan ke sistem 150 kV bertambah. Sehingga Transformator 3 bekerja lebih berat, yang berakibat arus dan suhu pada transformator juga meningkat. Meningkatnya suhu pada transformator dalam jangka waktu lama dapat mengakibatkan kerusakan dan berkurangnya lifetime transformator. Dari permasalahan tersebut maka dilakukan analisis perhitungan setting arus dan waktu kerja OGS dan OCR sebagai sistem pengaman Transformator 3. Hasil dari perhitungan setting arus OGS tahap 1 adalah 1600 A dengan setting waktu kerja 2 detik, tahap 2 adalah 1700 A dengan setting waktu kerja 1,5 detik dan tahap 3 1800 A dengan setting waktu kerja 1 detik. Karakteristik rele OGS adalah definite. Untuk OCR di sisi 150 kV diperoleh setting arus 277 A dan setting waktu 1,36 detik, sedangkan setting OCR di sisi 20 kV didapat setting arus 2078,4 A dan setting waktu kerja 1,18 detik dengan karakteristik rele OCR yang digunakan adalah inverse.

Kata Kunci : OGS (Over Generator Shedding), OCR (Over Current Relay), Transformator.

ABSTRACT

Transformer 3 of Pesanggaran Substation obtains additional power plants with a maximum power of 60 MW. Power generation is used to supply the load of feeders in Substation of Pesanggaran and also channeled to 150 kV transmission system at Substation of Pesanggaran through Transformator 3 to Substation of Nusa Dua to assist power supply at Nusa Dua Substation. If there is a feeders interruption in the Substation of Pesanggaran which causes the load of feeders to be disconnected, then the power from the generator that is flowed to the 150 kV system increases. Thus the Transformer 3 works heavier, resulting in the current and temperature of the transformer also increased. Increased temperatures in the transformer for long periods can result in damage and reduced lifetime of the transformer. From the problems then calculation of current and working time OGS and OCR as the Transformer 3 safety system. The result of calculation of OGS setting of phase1 is 1600 A with setting work time of 2 seconds, phase 2 is 1700 A with setting working time of 1,5 seconds and stage 3 of 1800 A with setting work time of 1 second. The OGS relay characteristic is definite. For OCR at 150 kV side, the current setting is 277 A and setting time is 1.36 seconds, while OCR setting at 20 kV side is obtained by setting current of 2078.4 A and setting time of 1.18 seconds with OCR Relay characteristic used is inverse.

Keywords: OGS (Over Generator Shedding), OCR (Over Current Relay), Transformer.

1. PENDAHULUAN

PT. PLN (Persero) sebagai perusahaan yang mensuplai energi listrik berupaya meningkatkan suplai daya di

daerah Nusa Dua, karena terbatasnya lahan di GI Nusa Dua sehingga tidak terdapat tempat untuk menempatkan pembangkit baru. Sehingga penambahan

daya dilakukan pada GI Pesanggaran karena GI Pesanggaran merupakan salah satu GI yang mensuplai daya listrik untuk Gardu Induk Nusa Dua.

Penambahan 4 blok pembangkit dengan kapasitas maksimum 60 MW dilakukan pada sistem Transformator 3 di GI Pesanggaran. Ketika beban pada penyulang 20 kV di GI Pesanggaran *trip* karena gangguan atau kelebihan beban pada penyulang, maka beban penyulang yang menyerap daya pembangkit akan berkurang. Berkurangnya beban penyulang yang menyerap daya dari pembangkit akan menyebabkan suplai daya dari pembangkit yang mengalir ke sistem 150 kV melalui Transformator 3 menuju GI Nusa Dua menjadi lebih besar. Besarnya daya dari pembangkit yang dialirkan ke sistem 150 kV akan menyebabkan transformator 3 juga akan bekerja lebih berat yang menyebabkan arus yang mengalir pada transformator juga meningkat, akibatnya terjadi kenaikan suhu pada unit transformator yang dapat menyebabkan kerusakan dan berkurangnya masa pakai transformator.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka dilakukan analisis sistem OGS (*over generator shedding*) yang dipasang pada sistem distribusi 20 kV di Gardu Induk Pesanggaran. OGS adalah rele arus lebih dengan karakteristik *definite* yang bekerja dengan membaca besaran arus yang mengalir masuk ke transformator. Jika terjadi aliran arus yang melebihi arus *setting* dari OGS, maka OGS akan bekerja sesuai waktu kerja yang telah di-*setting* untuk membatasi daya yang disuplai unit pembangkit. Sehingga diharapkan setelah daya dari pembangkit dikurangi maka transformator yang tadinya mengalami kelebihan beban akan kembali normal. Sehingga kontinuitas aliran daya di GI Pesanggaran tetap terjaga dengan baik.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 TRANSFORMATOR TENAGA

Transformator tenaga adalah suatu peralatan tenaga listrik yang tidak mempunyai bagian yang bergerak, berfungsi untuk menyalurkan daya yang dibutuhkan ke beban dengan rugi-rugi minimum pada frekuensi fundamentalnya [1]. Untuk mentransfer energi listrik menggunakan transformator dapat dilakukan dari satu rangkain ke rangkaian lain tanpa melalui hubungan fisik diantara

dua rangkaian. Transfer daya tersebut dilakukan sepenuhnya oleh rangkaian medan magnet. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga listrik memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan, misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh. Berdasarkan tegangan operasinya dapat dibedakan menjadi transformator transmisi mengubah tegangan tinggi dari 150 kV menjadi tegangan menengah 20 kV, sedangkan trafo distribusi mengubah tegangan menengah 20 kV menjadi tegangan rendah 380/220 Volt yang selanjutnya disalurkan melalui jaringan tegangan rendah (JTR) ke konsumen satu fasa atau tiga fasa [2]. Komponen utama transformator tenaga terdiri dari bagian-bagian diantaranya inti besi, kumparan transformator, minyak transformator, bushing, tangki konservator, peralatan Bantu pendinginan transformator, tap changer dan alat pernapasan (*dehydrating breather*) [3].

2.2 Prinsip Kerja Rele arus lebih (OCR)

Rele arus lebih merupakan salah satu sistem proteksi yang berfungsi melindungi sistem jika terjadi gangguan. Rele arus lebih bekerja dengan membaca input berupa besaran arus kemudian membandingkan dengan nilai *setting*, apabila nilai arus yang terbaca oleh rele melebihi nilai *setting*, maka rele akan mengirim perintah *trip* (lepas) kepada pemutus tenaga (PMT) atau *Circuit Breaker* (CB) setelah waktu tunda yang diterapkan pada *setting*. Rele ini digunakan untuk mengamankan peralatan terhadap gangguan hubung singkat antar fasa, hubung singkat satu fasa ke tanah dan beberapa hal dapat digunakan sebagai pengaman beban lebih [4]. Pada dasarnya batas *setting* rele arus lebih adalah rele tidak boleh bekerja pada saat beban maksimum. *Setting* arusnya harus lebih besar dari pada arus beban maksimumnya [5]. Salah satu pengaplikasian dari Rele arus lebih (OCR) adalah membatasi arus dari pembangkit atau sering disebut *Over Generator Shedding* (OGS). Namun pada OGS memiliki *setting* yang sedikit berbeda dengan *setting* OCR pada umumnya, yang membedakan *setting* OCR dan OGS adalah pada *setting* waktunya. Berdasarkan karakteristiknya, rele arus lebih ini dapat dibagi menjadi 3 yaitu :

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

2.2.1 Perhitungan Setting Rele Arus Lebih

Arus *setting* untuk rele arus lebih, baik dari sisi primer maupun sekunder trafo tenaga dapat dihitung menggunakan Persamaan (1) [6].

$$I_{set} = \frac{K_{fk}}{K_d} \times I_{nom} \quad (1)$$

Arus nominal pada perangkat yang diamankan dapat dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$I_{nom} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \quad (2)$$

Nilai K_d untuk rele arus lebih mempunyai nilai 1,0. Untuk Nilai K_{fk} rele arus lebih dengan karakteristik rele waktu terbalik (*inverse*) di-set sebesar 1,05 – 1,2 x I_{nom} , dan untuk rele dengan karakteristik waktu arus tertentu (*definite*) di-set sebesar 0,8 – 1,1 x I_{nom} [6].

2.2.2 Perhitungan Setting Waktu Tunda

Nilai waktu tunda (t_d) dapat dicari dengan besarnya arus hubung singkat (I_f), Penyetelan/*setting* arusnya (I_{set}), dan kurva karakteristik rele yang dipakai. Persamaan (3) digunakan untuk mencari nilai waktu tunda (t_d) rele [7].

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

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

$$t = \frac{\beta}{\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^\alpha - 1} \times t_d \quad (4)$$

Waktu kerja dari rele arus lebih juga berdasarkan dari tipe kurva alat tersebut. Untuk tabel kurva waktu kerja dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

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

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

2.3 Arus Hubung Singkat

Arus hubung singkat dapat diakibatkan oleh 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 pada bus primer trafo menggunakan Persamaan (4).

$$Z_{hs} = \frac{V_p \times 1000}{\sqrt{3} \times I_f} \quad (5)$$

Perhitungan Impedansi transformator yang digunakan adalah nilai reaktansinya, sedangkan tahananannya diabaikan karena nilainya kecil. Nilai reaktansi dari transformator dalam Ohm dapat dihitung dengan Persamaan (5).

$$Z_{tr} = \frac{V_p^2 \times Z_t}{S} \quad (6)$$

Gangguan hubung singkat yang dapat terjadi pada jaringan sistem kelistrikan ada 3, Gangguan hubung singkat 3 fasa, Gangguan hubung singkat antar fasa, dan Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah[8].

Gangguan hubung singkat 3 fasa ada dua yaitu Gangguan hubung singkat 3 fasa 150 kV dan 20 kV. Nilai Gangguan hubung singkat 3 fasa 150 kV dapat dihitung dengan Persamaan (6).

$$I_{3\phi(150)} = \frac{V_p \times 10^3}{\sqrt{3} \times (Z_{hs} + Z_{tr})} \quad (7)$$

Nilai Gangguan hubung singkat 3 fasa 20 kV dapat dihitung dengan Persamaan (7).

$$I_{3\phi(20)} = I_{3\phi(150)} \times \frac{V_p}{V_s} \quad (8)$$

Gangguan hubung singkat antar fasa ada dua yaitu Gangguan hubung singkat antar fasa 150 kV dan 20 kV. Nilai Gangguan hubung singkat antar fasa 150 kV dapat dihitung dengan Persamaan (8).

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{3\phi(150)} \quad (9)$$

Nilai Gangguan hubung singkat antar fasa 20 kV dapat dihitung dengan Persamaan (9).

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{3\phi(20)} \quad (10)$$

Nilai Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah dapat dihitung dengan Persamaan (10).

$$\frac{V_s \times 1000}{\sqrt{3} \times \text{NGR}} \quad (11)$$

2.4 Over Generator Shedding (OGS)

OGS adalah suatu skema pembatasan pembangkit yang mana diterapkan pada suatu rele yang akan menjalankan skema untuk mengatur/mengamankan arus yang masuk ke peralatan agar tidak melebihi pengaman saluran dengan mentrip-kan pembangkit atau membuka PMT. Pembangkit tenaga listrik pada suatu sitem tenaga seringkali mendapat gangguan yang tidak dapat dihindari, misalnya dengan terjadinya trip pada penyulang secara tiba-tiba karena ada beban melebihi kapasitas dibebankan ke sistem atau dapat juga dengan terjadinya gangguan akibat putusnya penghantar akibat gangguan alam. Inputan yang menjadi acuan OGS untuk bekerja adalah arus [9].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Proses pertama dalam penelitian adalah melakukan pengumpulan data kelistrikan di Gardu Induk Pesanggaran yaitu data *Single Line Diagram*, Kapasitas Pembangkit Terpasang, data spesifikasi Transformator 3, dan data jenis pengaman Transformator 3. Proses selanjutnya adalah melakukan perhitungan arus hubung singkat 3 fasa, antar fasa pada sisi 150 kV dan 20 kV. Langkah berikutnya adalah melakukan analisis perhitungan *setting* arus dan waktu kerja OGS di Transformator 3. Dari perhitungan hubung singkat yang didapat selanjutnya dilakukan analisis perhitungan *setting* arus dan waktu kerja rele arus lebih di sisi primer 150 kV, dan di sisi sekunder 20 kV pada Transformator 3. Kemudian menentukan koordinasi *setting* OGS dan OCR pada Transformator 3 untuk mengamankan Transformator 3 di Gardu Induk Pesanggaran.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

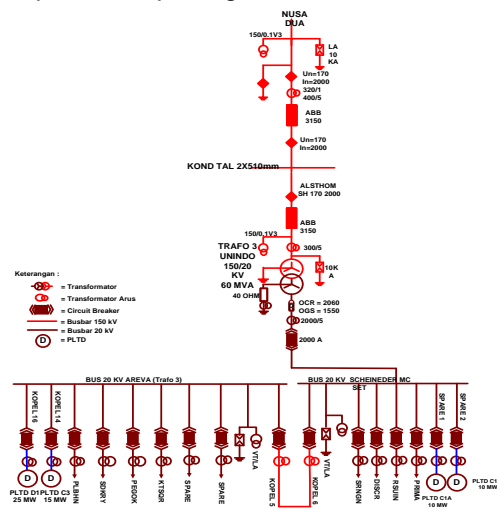
4.1 Gambaran Umum Transformator 3 di GI Pesanggaran

Di Gardu Induk Pesanggaran terdapat Transformator 3 dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Data Transformator 3 di GI Pesanggaran

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 Ihs total	Ihs = 9,737 kA

Transformator 3-60 MVA di GI Pesanggaran mendapat suplai daya listrik dari 4 blok pembangkit yaitu PLTD Blok C1A, C1B, C3 dan PLTD D2 dengan daya maksimum sebesar 60 MW. Daya dari 4 blok pembangkit tersebut disalurkan menuju Transformator 3 lalu masuk ke sistem 150 kV setelah itu daya listrik masuk ke Gardu Induk Nusa Dua untuk membantu suplai daya di GI Nusa Dua, selain itu daya dari pembangkit juga digunakan untuk mensuplai beban penyulang pada sistem distribusi 20 kV di GI Pesanggaran. Gambar single line diagram Transformator 3 dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Single Line Diagram Transformator 3

4.2 Menghitung Impedansi Sumber dan Impedansi Trafo Tenaga

Impedansi sumber dapat dihitung dengan data hubung singkat pada bus primer trafo menggunakan Persamaan (4) sebagai berikut.

$$Z_{hs} = \frac{V_p \times 1000}{\sqrt{3} \times I_f} = \frac{150 \times 1000}{\sqrt{3} \times 9,737} = 8,894 \Omega$$

Perhitungan besar impedansi transformator dapat dihitung menggunakan Persamaan (5) sebagai berikut.

$$Z_{trf} = \frac{V_p^2 \times Z_t}{S} = \frac{150^2 \times 0,1243}{60000} = 46,612 \Omega$$

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

Arus gangguan yang akan dihitung dalam penelitian ini adalah arus hubung singkat antar 3 fasa, antar 2 fasa dan hubung singkat 1 fasa-tanah.

Nilai Gangguan hubung singkat 3 fasa 150 kV dapat dihitung dengan Persamaan (6) sebagai berikut.

$$I_{hs3\phi(150)} = \frac{V_p \times 10^3}{\sqrt{3} \times (Z_{hs} + Z_{tr})} = \frac{150 \times 1000}{\sqrt{3} \times (8,894 + 46,612)} = 1560 \text{ A}$$

Nilai Gangguan hubung singkat 3 fasa 20 kV dapat dihitung dengan Persamaan (7) sebagai berikut.

$$I_{3\phi(20)} = I_{3\phi(20)} \times \frac{V_p}{V_s} = 1560 \times \frac{150}{20} = 11700 \text{ A}$$

Nilai Gangguan hubung singkat antar fasa 150 kV dapat dihitung dengan Persamaan (8).sebagai berikut.

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{3\phi(150)} = \frac{1,732}{2} \times 1560 = 1350,96 \text{ A}$$

Nilai Gangguan hubung singkat antar fasa 20 kV dapat dihitung dengan Persamaan (9) sebagai berikut.

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{3\phi(20)} = \frac{1,732}{2} \times 1350,96 \text{ A} = 10132,2 \text{ A}$$

Nilai Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah dapat dihitung dengan Persamaan (10) sebagai berikut.

$$\frac{V_s \times 1000}{\sqrt{3} \times NGR}$$

$$= \frac{20 \times 1000}{\sqrt{3} \times 40} = 288,675 \text{ A}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai arus hubung singkat seperti ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3 Data Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat Pada Transformator 3

No	Perhitungan	Transformator 3
1	$I_{3\phi(150)}$	1560 A
2	$I_{2\phi(150)}$	1350,96 A
3	$I_{3\phi(20)}$	11700 A
4	$I_{2\phi(20)}$	10132,2 A
5	$I_{1\phi(20)}$	288,675 A

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

Gangguan yang terjadi pada penyulang di Gardu Induk Pesanggaran akan menyebabkan daya dari pembangkit tidak terserap oleh beban sehingga daya dari pembangkit yang mengalir ke Transformator 3 akan semakin besar yang menyebabkan Transformator 3 bekerja melebihi kapasitas operasinya yang menurut PT. PLN (persero) adalah sebesar 85 %. Untuk penentuan setting arus OGS adalah 1,1 dikalikan dengan arus operasi trafo. Untuk perhitungan setting OGS akan dibagi menjadi 3 tahap sebagai berikut :

Berdasarkan persamaan (2), didapat arus nominal transformator 3 sebagai berikut.

$$I_{nom} = \frac{60000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} = \frac{60000}{34,64} = 1732 \text{ A}$$

Untuk setting arus OGS tahap 1 untuk batas kerja operasi trafo 85 % yaitu :

$$\text{Batas operasi trafo 85 \%} = I_{nom} \text{ trafo} \times 85 \% = 1732 \text{ A} \times 85 \% = 1472 \text{ A}$$

Berdasarkan persamaan 1, didapat setting arus OGS sebagai berikut :

$$I_{sogs} = \frac{1,1}{1} \times 1472 = 1619 \text{ A dipilih,}$$

$$I_{set} = 1600 \text{ A}$$

$$I_{sogs1} = \frac{1600}{2000/5} = 4 \text{ dipilih,}$$

$$= 4 \text{ A (setelan pada rele)}$$

Dengan cara yang sama dapat ditentukan *setting* OGS untuk tahap 2 dengan batas operasi transformator 90 % dan tahap 3 dengan batas operasi transformator 95 % yang ditunjukkan tabel 4 berikut :

Tabel 4 *Setting* Arus Dan Waktu Kerja OGS

Setting OGS	Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3
Iset (A)	1600	1700	1800
Iset rele (A)	4	4,25	4,5
T (detik)	2	1,5	1
Kurva	<i>Definite</i>	<i>Definite</i>	<i>Definite</i>

Sedangkan untuk perhitungan daya yang dibatasi OGS adalah sebagai berikut :

$$I \text{ operasi trafo } 85 \% = 1732 \text{ A} \times 0,85 = 1472 \text{ A}$$

Untuk arus yang dibatasi OGS yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Arus dibatasi OGS} &= I_{\text{nom}} \text{ trafo} - I \\ &\text{operasi trafo } 85\% \\ &= 1732 - 1472 \\ &= 260 \text{ A} \end{aligned}$$

Jadi daya yang dibatasi OGS yaitu :

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos}\phi \\ P &= 1,732 \times 20 \times 260 \times 0,85 \\ P &= 7,5 \text{ MW} \end{aligned}$$

Jadi besar daya yang akan dibatasi OGS adalah sebesar 7,5 MW. Sehingga pembangkit yang akan dibatasi di GI Pesanggaran seperti tabel 5 berikut.

Tabel 5 Target Pembangkit Yang Dibatasi

Tahap	Target Trip Pembangkit	I (A)	P (MW)
Tahap 1	Blok C1A	86	2,5
Tahap 2	Blok C1B	86	2,5
Tahap 3	Blok C3	86	2,5

Dari tabel 4 dan tabel 5 *setting* arus dan waktu kerja OGS didapat arus kerja OGS sebesar 1600 A dengan waktu kerja 2 detik dan OGS akan mengurangi daya dari Blok Pembangkit C1A sebesar 2,5 MW. Pada tahap 2 OGS didapat arus kerja OGS sebesar 1700 A dengan waktu kerja 1,5 detik dan OGS akan mengurangi daya dari Blok Pembangkit C1B sebesar 2,5 MW. Untuk tahap 3 didapat arus kerja OGS sebesar 1800 A dengan waktu kerja 1 detik dan OGS akan mengurangi daya dari Blok Pembangkit C3 sebesar 2,5 MW. Hal ini dilakukan agar keseimbangan antara daya dari pembangkit yang mensuplai beban tidak terlalu banyak berubah sehingga

beban masih dapat menerima suplai daya listrik yang mencukupi.

4.5 Analisis Perhitungan *Setting* Rele Arus Lebih Pada Transformator 3 di Gardu Induk Pesanggaran

Jenis rele yang digunakan pada Transformator 3 Gardu Induk Pesanggaran adalah rele arus lebih dengan karakteristik *inverse* yang diset dengan nilai 1,2 dikalikan dengan arus nominal Transformator 3. *Setting* arus pada rele arus lebih Transformator 3 dihitung menggunakan persamaan (1) adalah :

$$\begin{aligned} I_{sp} &= \frac{1,2}{1} \times 230,94 \text{ A} \\ &= \frac{277}{300/5} \\ &= 4,62 \text{ dipilih} \end{aligned}$$

$$I_{sp} = 4,6 \text{ A (setelan pada rele)}$$

Setting waktu rele arus lebih dengan karakteristik *inverse* pada sisi 150 kV Transformator 3 dihitung menggunakan nilai arus gangguan hubung singkat 3 fasa menggunakan persamaan (3) dan (4) adalah :

$$td = \frac{(1350,96/277)^{0,02} - 1}{0,14} \times 1,5$$

$$td = 0,34 \text{ SI}$$

Jadi waktu kerja aktual rele (t) adalah :

$$t = \frac{0,14}{(1560/277)^{0,02} - 1} \times 0,34$$

$$t = 1,36 \text{ detik}$$

Dengan cara yang sama dapat ditentukan *setting* Rele Arus Lebih pada sisi 20 kV pada Transformator 3 yang ditunjukkan tabel 6 berikut.

Tabel 6 *Setting* Rele Arus Lebih Hasil Perhitungan Pada Sisi 150 kV dan 20 kV

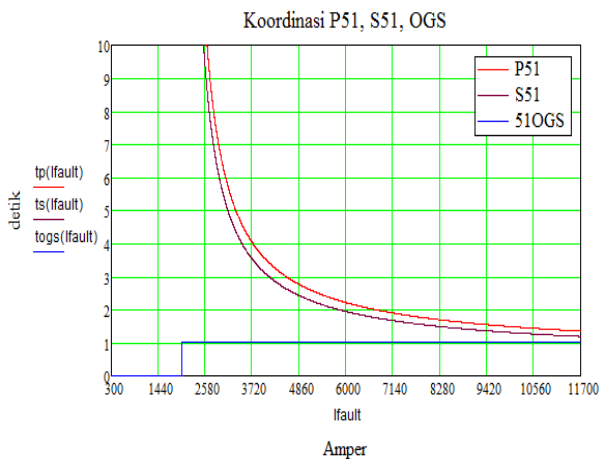
<i>Setting</i>	OCR 150 kV	OCR 20 kV
CT Rasio	300/5	2000/5
I Set	277 A	2078,4 A
I Set rele	4,6 A	5,2 A
Td (SI)	0,34	0,3
Tact (detik)	1,36	1,18
Kurva	SI	SI

Berdasarkan perhitungan *setting* Rele Arus Lebih (OCR) pada sisi 150 kV Transformator 3 didapatkan waktu tunda rele bernilai 0,34 SI dan nilai waktu kerja aktual rele sebesar 1,36 detik pada saat terjadinya arus gangguan maksimum. Sedangkan hasil perhitungan *Setting* Rele

Arus Lebih (OCR) pada sisi 20 kV Transformator 3 didapat waktu tunda rele bernilai 0,3 SI dan nilai waktu kerja aktual rele sebesar 1,18 detik pada saat terjadinya arus gangguan maksimum.

4.6 Koordinasi Setting OGS dan OCR di Tranformator 3 Gardu Induk Pesanggaran

Berdasarkan hasil perhitungan OGS (*Over Generator Shedding*) dan OCR (*Over Current Relay*) di Transformator 3 dapat di tampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik koordinasi hasil Perhitungan setting OGS dan OCR

Koordinasi antara OGS dan OCR dimana OCR akan bekerja untuk melindungi Transformator 3 dari arus gangguan akibat hubung singkat yang terjadi sedangkan untuk OGS akan bekerja untuk melindungi Transformator 3 agar tidak bekerja melebihi batas operasi kerja Transformator 3. *Setting* waktu kerja OCR yang lebih tinggi dari OGS menyebabkan OCR tidak *trip* bersama-sama dengan OGS ketika terjadi gangguan. Dari gambar 2 dapat dilihat koordinasi setting rele yang baik karena tidak terdapat perpotongan kurva antara OGS dan OCR, sehingga sistem pengamannya bekerja sesuai dengan tugas rele pengamanan tersebut.

5. SIMPULAN

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan didapat setting arus OGS tahap 1 sebesar 1600 A dengan waktu kerja 2 detik, tahap 2 sebesar 1700 A dengan waktu kerja 1,5 detik dan tahap 3 sebesar 1800 A dengan waktu kerja 1 detik. Karakteristik OGS yang dipakai adalah *definite*. Berdasarkan perhitungan setting Rele Arus Lebih (OCR) pada sisi 150 kV

Transformator 3 didapatkan setting arus 277 A, waktu tunda rele bernilai 0,34 SI dan nilai waktu kerja aktual rele sebesar 1,36 detik. Sedangkan untuk hasil perhitungan Setting Rele Arus Lebih (OCR) pada sisi 20 kV Transformator 3 didapat setting arus 2078,4 A, waktu tunda rele bernilai 0,3 SI dan nilai waktu kerja aktual rele sebesar 1,18 detik. Karakteristik Rele Arus Lebih (OCR) yang dipakai adalah *inverse*. Untuk koordinasi setting rele OGS (*Over Generator Shedding*) dan OCR (*Over Current Relay*) hasil perhitungan di Transformator 3 sudah baik karena sistem pengamannya bekerja sesuai dengan tugas rele pengamanan tersebut.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. W. Rinas, "Studi Analisis Losses Dan Derating Akibat Pengaruh THD Pada Gardu Transformator Daya Di Fakultas Teknik Universitas Udayana," Jurnal Teknologi Elektro, Vol. 11, No. 1, May 2012.
- [2] PT PLN (Persero), Buku Pedoman Pemeliharaan Proteksi Dan Kontrol Transformator. Jakarta : PT PLN (Persero), 2014.
- [3] P. Sigid, Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga. Universitas Diponegoro. Semarang, 2009.
- [4] M. T. Alawiy, Proteksi Sistem Tenaga Listrik Seri Rele Elektromagnetis. Universitas Islam Malang. Malang, 2006.
- [5] I. Baskara, I. W. Sukerayasa, and W. G. Ariastina, "Studi Koordinasi Peralatan Proteksi OCR Dan GFR Pada Penyulang Tibubeneng," Jurnal Teknik Elektro, vol. 14, no. 2, pp. 50–56, 2015.
- [6] A. Subakat, Studi Pengaruh Pemasangan Load Shedding di Gardu Induk Pemecutan Kelod dan Gardu Induk Nusa Dua Terhadap Kontinuitas Aliran Daya Gardu Induk Nusa Dua. Tugas Akhir Universitas Udayana, Jimbaran, 2014.
- [7] P. Kadarisman and S.N. Wahyudi, Proteksi Sistem Distribusi Tegangan Menengah. Jakarta : PT.PLN (Persero), 2009.
- [8] E. Putra, "Analisis Koordinasi Setting Relay Pengaman Akibat Uprating Transformator Di Gardu Induk Gianyar," E-J. SPEKTRUM, vol. 2 No. 2, Jun. 2015.

- [9] C. Bagus, Analisa Implementasi Rele OGS sebagai proteksi sistem 500 kV di Suralaya – Balaraja dan Suralaya – Cilegon Dengan Menggunakan Etap 6.0. Jakarta, 2012.