

EVALUASI SETTING RELAY PROTEKSI GENERATOR DAN TRAFU GENERATOR DI PLTGU TAMBAK LOROK BLOK 1

Maria Oktavia Fitriyani^{*)}, Mochammad Facta, and Juningtyastuti

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}Email: Moktaviafitriyani@gmail.com

Abstrak

PLTGU Tambak Lorok terdiri dari blok 1 dan blok 2. Blok 1 sejak 2011 beroperasi sebagai pembangkit cadangan dan pada tahun 2015 akan diaktifkan kembali sebagai pembangkit yang menyuplai daya secara terus menerus ke sistem dengan mengganti bahan bakar menjadi gas, akan tetapi sejak 2011 hingga saat ini *setting* relay di Blok 1 belum dievaluasi. Untuk menghindari kesalahan kerja dari relay ini maka akan dilakukan evaluasi *setting* relay proteksi di PLTGU Tambak Lorok Blok 1 khususnya relay proteksi pada generator dan trafo generator dengan menggunakan ETAP 12.6.0. Setelah dievaluasi, *setting* relay proteksi generator dan trafo generator masih layak untuk digunakan, kecuali relay arus lebih, relay urutan negatif dan *under frequency relay* yang mengalami perubahan dari nilai eksisting. Pada *setting* relay urutan negatif unit 4, *setting* I_2 sebelum dilakukan evaluasi adalah 0,1813 A, sedangkan *setting* I_2 setelah dilakukan evaluasi adalah 0,312 A. Pada *setting* relay arus lebih unit 1, 2, 3, *setting* TMS sebelum dilakukan evaluasi adalah 10 s, sedangkan *setting* TMS setelah dilakukan evaluasi adalah 1 s. Pada *setting under frequency relay* unit 4, *setting* F_{pickup} sebelum dilakukan evaluasi adalah 48,80 Hz, sedangkan *setting* F_{pickup} setelah dilakukan evaluasi adalah 49,49 Hz.

Kata kunci : relay, generator, trafo generator

Abstract

PLTGU Tambak Lorok consists of block 1 and block 2. Block 1 since 2011 operates as a backup generator and in 2015 will be reactivated as a generator that supplies continuous power to the system by replacing the fuel into gas, but since 2011 until now, relay setting in Block 1 has not been evaluated. To avoid fault of these relays then the protection setting in PLTGU Tambak Lorok Block 1 particularly the protection of generator and transformer will be evaluated by using ETAP 12.6.0. After the evaluation, setting the generator and transformer protection relay generator is still feasible to be used, unless the relay overcurrent, negative sequence relays and under frequency relays are unchanged from the existing value. On the negative sequence relay setting of unit 4, setting I_2 before the evaluation is 0.1813 A, while setting I_2 after the evaluation is 0.312 A. In setting overcurrent relay unit 1, 2, 3, setting TMS prior to evaluation is 10 s, while setting TMS after the evaluation is 1 s. In the under frequency relay setting unit 4, setting F_{pickup} before an evaluation is 48.80 Hz, while setting F_{pickup} after the evaluation was 49.49 Hz.

Keyword: relays, generator, generator transformers

1. Pendahuluan

Generator dan trafo generator merupakan peralatan penting di dalam pembangkit yang berfungsi dalam produksi daya listrik. Gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik dapat berpengaruh terhadap generator dan trafo generator tersebut. Oleh karena itu untuk melindungi generator dan trafo generator dari gangguan yang terjadi maka dipasang relay proteksi pada generator dan trafo generator tersebut. Relay proteksi harus di evaluasi secara berkala untuk memastikan bahwa *setting* relay tersebut tepat dan tidak akan membuat relay salah kerja.

Sejak 2011 hingga saat ini *setting* relay proteksi di PLTGU Tambak lorok Blok 1 belum dievaluasi, sehingga untuk menghindari kesalahan kerja dari relay proteksi ini maka akan dilakukan evaluasi *setting* relay proteksi pada PLTGU Tambak Lorok Blok 1 khususnya relay proteksi pada generator dan trafo generator dengan menggunakan software ETAP 12.6.0.

2. Metode

2.1. Langkah Penelitian

Pada tugas akhir ini terdapat beberapa metode yang diterapkan sebagai dasar metodologi penelitian dalam

melakukan penelitian tugas akhir. Metodologi penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 1.

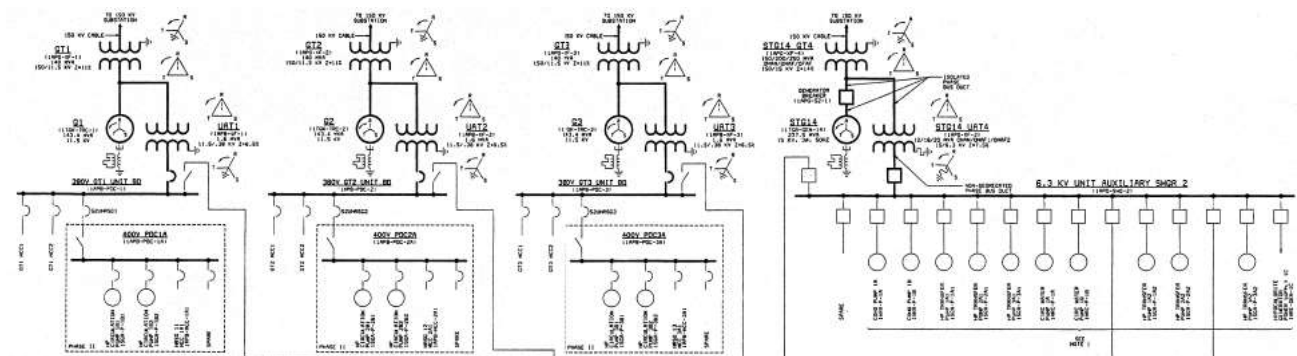
2.2. Data Sistem

Pada PLTGU Tambak lorok Blok 1 terdapat 4 unit generator, 3 unit generator menggunakan penggerak mula turbin gas dan 1 unit generator menggunakan penggerak mula turbin uap seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Adapun data yang digunakan untuk analisis ini adalah seperti pada Tabel 1 hingga Tabel 9.



Gambar 1. Langkah penelitian evaluasi setting relay generator dan trafo generator.



Gambar 2. Diagram Satu Garis PLTGU Tambak Lorok Blok 1

Tabel 1. Data generator

Parameter	Unit 1, 2, 3	Unit 4
Merk	General Electric	General Electric
No. Seri	335X939	290T325
Daya	143,4 MVA	237,5 MVA
Tegangan	11,5 kV	15 kV
Power Factor	0,8	0,8
RPM	3000 RPM	3000 RPM
X_d''	0,183 pu	0,162 pu
X_d'	0,258 pu	0,225 pu
X_d	2,043 pu	1,750 pu
X_2	0,172 pu	0,155 pu
X_0	0,082 pu	0,093 pu
Connection	Wye	Wye
K	10	10

Keterangan :

K = Konstanta thermal.

Tabel 2. Data trafo generator

Parameter	Unit 1, 2, 3	Unit 4
Merk	MEIDEN	DAIHEN
No. Seri	8R8277T1	5BK014101
Daya (MVA)	145	250
Tegangan (kV)	11,5 / 150	15 / 150
Impedansi (Z %)	11 %	13,5 %
Vektor Grup	Ynd11	Ynd11

Tabel 3. Data trafo UAT

Parameter	Unit 1, 2, 3	Unit 4
Merk	Elektro Bau AG	PASTI
No. Seri	DOV 1600/10	95P0012
Daya (MVA)	1,6	20
Tegangan (kV)	11,5 / 0,4	15 / 6,3
Impedansi (Z %)	7,05 %	7,5 %
Vektor Grup	Dyn1	Dyn1

Tabel 4. Data relay urutan negatif pada generator

Parameter	Unit 1, 2, 3	Unit 4
Merk	GE Multilin	GE Multilin
Tipe	12SGC21C2A	12SGC21C2A
Setting I ₂	0,08	0,049
Waktu operasi (detik)	990	990

Tabel 5. Data relay daya balik pada generator

Parameter	Unit 1, 2, 3	Unit 4
Merk	GE Multilin	GE Multilin
Tipe	12ICW51A7A	12GGP53C3A
Pm sisi sekunder (W)	287	6
Waktu tunda (detik)	30	30

Tabel 6. Data relay frekuensi pada Generator 4

Setelan	Under Frequency	Over Frequency
Fpickup (Hz)	48,80	50,51
Waktu tunda (detik)	1,8	1

Tabel 7. Data relay diferensial pada trafo generator

Parameter	Unit 1, 2, 3	Unit 4
Merk	GE Multilin	GE Multilin
Tipe	12STD16C3A	12STD16C3A
Slope (%)	25	25
I _{setting} (A)	5	6

Tabel 8. Data relay arus lebih pada generator

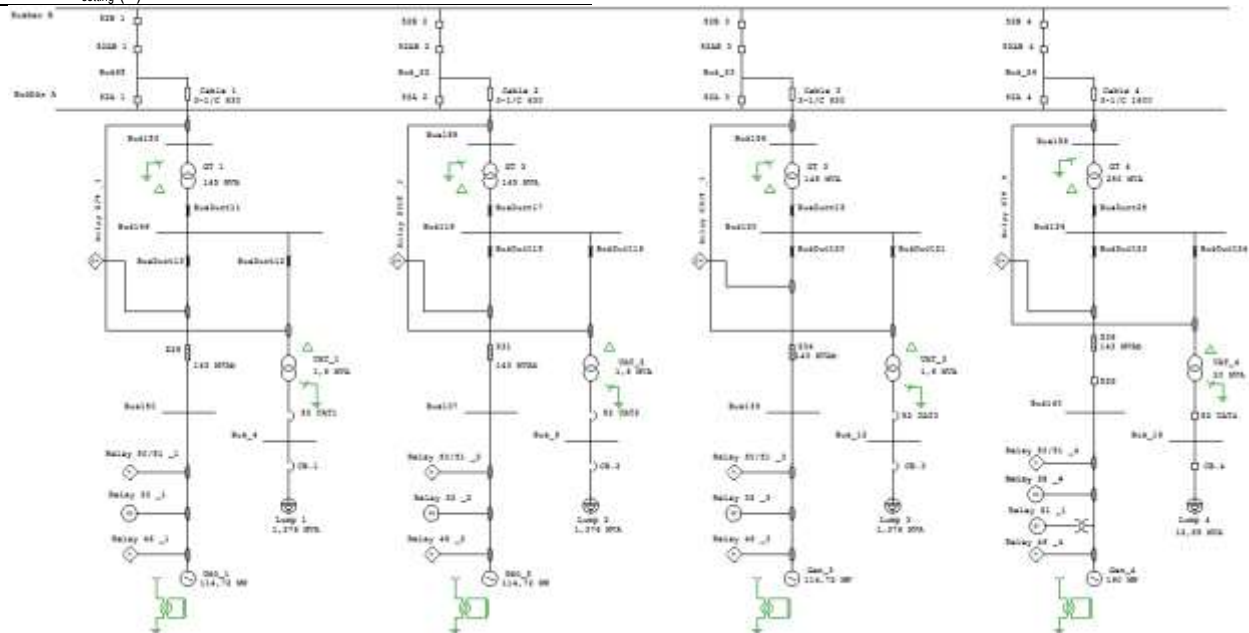
Parameter	Unit 1, 2, 3	Unit 4
Merk	GE Multilin	GE Multilin
Tipe	12IFC53B1A	12IFC53B1A
Karakteristik	Very Invers	Very Invers
Tap time overcurrent (A)	4	5
TMS	10	1
Tap instantaneous overcurrent (A)	40	42

Tabel 9. Data teknis kabel bawah tanah 150 kV

Parameter	Cable 1, 2, 3	Cable 4
Ukuran kabel (mm ²)	630	1600
Z ₁ (Ω/km)	0,062+j0,132	0,024+j 0,109
Z ₀ (Ω/km)	0,068+j1,263	0,043+j 1,354
Panjang saluran (m)	Cable 1 = 100 Cable 2 = 200 Cable 3 = 300	200

2.3. Pemodelan

Berdasarkan pada diagram satu garis PLTGU Tambak Lorok Blok 1 maka dapat dibuat pemodelan diagram satu garis menggunakan program ETAP 12.6.0 seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemodelan Diagram Satu Garis PLTGU Tambak Lorok Blok 1 dengan ETAP 12.6.0

3 Hasil dan Analisa

3.1. Simulasi Hubung Singkat ETAP 12.6.0

Pada tugas akhir ini akan dilakukan simulasi arus gangguan hubung singkat menggunakan software ETAP 12.6.0 pada bus generator, bus sisi tegangan rendah trafo generator dan bus sisi tegangan tinggi trafo generator seperti yang ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil simulasi arus gangguan hubung singkat

Unit	Isc Max (A)				Isc Min (A)			
	LLL	LL	LLG	LG	LLL	LL	LLG	LG
Bus 150	39569	35260	35261	4	27901	28958	28958	4
Bus 146	39565	35256	35257	4	27899	28955	28956	4
Bus 153	1898	1674	2342	2435	1505	1475	1941	2188
Bus 137	39569	35260	35261	4	27901	28958	28958	4
Bus 118	39565	35256	35257	4	27899	28955	28956	4
Bus 155	1898	1674	2342	2435	1505	1475	1941	2188
Bus 139	39569	35260	35261	4	27901	28958	28958	4
Bus 120	39565	35256	35257	4	27899	28955	28956	4
Bus 156	1898	1674	2342	2435	1505	1475	1941	2188

Bus 140	58792	51933	51935	8	40625	41625	41627	8
Bus 124	58785	51926	51929	8	40621	41621	41622	8
Bus 158	3222	2821	3808	3977	2588	2486	3207	3584

3.2. Perhitungan Setting Relay

3.2.1. Relay Diferensial (87T)

Hasil perhitungan setting relay diferensial sesuai persamaan 1 dan 2 dapat dilihat pada Tabel 11.

$$I_r = \max(|\vec{I}_p|, |\vec{I}_s|) \quad (1)$$

$$I_{set \text{ gangguan dalam}} = slope \ 1 \times I_r$$

$$I_{set \text{ gangguan luar}} = slope \ 2 \times I_r \quad (2)$$

dimana

I_r = Arus restraint (A).

I_p = Arus hubung singkat sekunder sisi tegangan rendah trafo generator (A).

I_s = Arus hubung singkat sekunder sisi tegangan tinggi trafo generator (A).

I_{set} = Arus setting relay diferensial (A).

Slope 1 = 25%

Slope 2 = 100%

Tabel 11. Hasil perhitungan setting relay diferensial

Keterangan	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4
I_n tegangan rendah (A)	7279,634	7279,634	7279,634	9623
I_n tegangan tinggi (A)	558,105	558,105	558,105	962,3
I_{rating} tegangan rendah (A)	8007,597	8007,597	8007,597	10585,3
I_{rating} tegangan tinggi (A)	613,916	613,916	613,916	1058,53
CT1 (A)	10000/5	10000/5	10000/5	12000/5
CT2 (A)	10000/5	10000/5	10000/5	12000/5
CT3 (A)	800/5	800/5	800/5	1100/5
Error mismatch (%)	0,958	0,958	0,958	1,091
ACT (A)	8,299/5	8,299/5	8,299/5	9,448/5
I_p (A)	19,7825	19,7825	19,7825	24,4937
I_s (A)	11,8625	11,8625	11,8625	14,6454
I_r (A)	19,7825	19,7825	19,7825	19,7825
I_{set} gangguan dalam (A)	5	5	5	6
I_{set} gangguan luar (A)	20	20	20	25
Waktu operasi (detik)	0,04	0,04	0,04	0,04

3.2.2. Relay Keseimbangan Tegangan (60)

Menurut Arun Phadke [1], relay keseimbangan tegangan disetting sebesar 15% dari tegangan nominal generator. Hasil perhitungan setting relay keseimbangan tegangan dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 12. Hasil perhitungan setting relay keseimbangan tegangan

Parameter	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4
V_{relay} (V)	115	115	115	112,5
$I_{nominal}$ (A)	7199	7199	7199	9141
I_{relay} (A)	3,5995	3,5995	3,5995	3,809
V_{pickup} (%)	15	15	15	15
V_{pickup} (V)	17,25	17,25	17,25	16,88

3.2.3. Relay Daya Balik (32)

Hasil perhitungan setting relay daya balik dapat dilihat pada Tabel 13 menggunakan Persamaan 4.

$$P_{m \text{ sekunder}} = \frac{P_{m \text{ primer}}}{(rasio \ CT) \times (rasio \ PT)} \quad (4)$$

dimana

$P_{m \text{ sekunder}}$: Daya motoring sisi sekunder CT dan PT (W).

$P_{m \text{ primer}}$: Daya motoring sisi primer CT dan PT (W).

Tabel 13. Hasil perhitungan setting relay daya balik

Keterangan	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4
I_{FL} (A)	7199	7199	7199	9141
Rasio CT (A)	10000/5	10000/5	10000/5	12000/5
Rasio PT (V)	12000/120	12000/120	12000/120	16000/120
$P_{m \text{ primer}}$ (MW)	57,36	57,36	57,36	0,95
$P_{m \text{ sekunder}}$ (W)	286,8	286,8	286,8	5,938
T_{delay} (detik)	30	30	30	30

3.2.4. Relay Arus Lebih (50/51)

Hasil perhitungan setting relay arus lebih dapat dilihat pada Tabel 14 menggunakan Persamaan 5, 6 dan 7.

$$I_{set} = 1,05 \times I_{nominal} \quad (5)$$

$$T_{ap} = I_{set} \times \frac{CT \text{ sekunder}}{CT \text{ primer}} \quad (6)$$

$$TMS = \frac{\left\{ \left(\frac{I_{fault}}{I_{set}} \right) - 1 \right\} \times T_{op}}{13,5} \quad (7)$$

dimana

I_{set} : Arus setting relay arus lebih waktu seketika (A).

TMS : Time multiplier setting (detik).

I_{fault} : Arus gangguan hubung singkat (A)

T_{op} : Waktu operasi relay.

Tabel 14. Hasil perhitungan setting relay arus lebih

Keterangan	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4
$I_{nominal}$ (A)	7199	7199	7199	9141
Rasio CT (A)	10000/5	10000/5	10000/5	12000/5
I_{relay} (A)	3,5995	3,5995	3,5995	3,8088
I_{set} time overcurrent (A)	8000	8000	8000	10000
Tap time overcurrent	4	4	4	5
TMS (detik)	1	1	1	1
I_{set} instantaneous overcurrent (A)	80000	80000	80000	100000
Tap instantaneous overcurrent	40	40	40	42

3.2.5. Relay Urutan Negatif (46)

Hasil perhitungan setting relay urutan negatif dapat dilihat pada Tabel 15 menggunakan Persamaan 3.

$$I_{2pu}^2 \times t = K \quad (3)$$

dimana

- I_{2pu} : Arus urutan negatif dalam pu.
- t : Waktu operasi relay urutan negatif (detik).
- K : Konstanta thermal.

Tabel 15. Hasil perhitungan setting relay urutan negatif

Keterangan	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4
I_n (A)	7199	7199	7199	9141
Rasio CT (A)	10000/5	10000/5	10000/5	12000/5
I_{relay} (A)	3,60	3,60	3,60	3,81
Tap Switch (A)	3,7	3,7	3,7	3,9
$I_{2 relay}$ (A)	0,296	0,296	0,296	0,312
$I_{2 relay}$ (pu)	0,08	0,08	0,08	0,08
$t_{operasi}$ (detik)	990	990	990	990

3.2.6. Relay Hilangnya Eksitasi (40)

Hasil perhitungan setting relay hilangnya eksitasi dapat dilihat pada Tabel 16 menggunakan Persamaan 8, 9 dan 10.

$$Offset\ tap = \frac{X'_d}{2} \quad (8)$$

$$Offset = Tap\ high - Tap\ low \quad (9)$$

$$Diameter\ 1 = 1\ pu \quad (10)$$

$$Diameter\ 2 = X_d \quad (10)$$

dimana

- $1pu$: Z_{base} generator (Ω)
- Diameter 1 : Diameter lingkaran kecil (Ω)
- Diameter 2 : Diameter lingkaran besar (Ω)

Tabel 16. Hasil perhitungan setting relay hilangnya eksitasi

Keterangan	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4
Z_{base} sekunder (Ω)	18,445	18,445	18,445	17,05
X'_d sekunder (Ω)	4,759	4,759	4,759	3,84
X_d sekunder (Ω)	37,683	37,683	37,683	29,84
$1\ pu$ (Ω)	18,445	18,445	18,445	17,05
Offset Tap	H Tap (Ω)	2,5	2,5	2,5
	L Tap (Ω)	0	0	0,5
Diameter 1 (Ω)	18	18	18	17
Diameter 2 (Ω)	38	38	38	30

3.2.7. Relay Eksitasi Lebih (24)

Hasil perhitungan setting relay eksitasi lebih dapat dilihat pada Tabel 17 menggunakan Persamaan 11.

$$V/Hz\ Pickup = 110\% \times (V/Hz\ nominal) \quad (11)$$

Tabel 17. Hasil perhitungan setting relay eksitasi lebih

Keterangan	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4
Rasio PT (V)	12000/120	12000/120	12000/120	16000/120
Tegangan relay (V)	115	115	115	112,5
V/Hz nominal (V/Hz)	2,3	2,3	2,3	2,25
V/Hz pickup (V/Hz)	2,53	2,53	2,53	2,48
Time operasi (detik)	6	6	6	6

3.2.8. Relay Frekuensi (81)

Pada Tugas Akhir ini tidak dilakukan perhitungan setting relay frekuensi, tetapi relay ini akan dianalisis apakah settingnya sesuai dengan SPLN. Setting relay frekuensi yang terpasang pada unit 4 ditunjukkan pada Tabel 18.

Tabel 18. Setting relay frekuensi generator unit 4

Setelan	Under Frequency	Over Frequency
Fpickup (Hz)	48,80	50,51
Waktu tunda (detik)	1,8	1

Sesuai dengan standar IEEE C37.106-1987 [2], besarnya frekuensi yang diperbolehkan adalah $\pm 1\%$ dari frekuensi referensi. Frekuensi referensi yaitu sebesar 50 Hz untuk di Indonesia atau berdasarkan SPLN frekuensi normal yang diijinkan pada sistem yaitu 49,5-50,5 Hz.

Berdasarkan setting relay frekuensi pada Tabel 4.15 dan berdasarkan pada standar IEEE C37.106-1987, maka setting untuk *over frequency relay* sudah sesuai dengan standar IEEE tersebut, akan tetapi untuk *setting under frequency relay* belum sesuai dengan standar IEEE. Sebaiknya *under frequency relay* disetting dengan F_{pickup} sebesar 49,49 Hz.

3.3. Analisis Setting Relay Proteksi

Berdasarkan data setting eksisting dan data setting hasil perhitungan, setting relay proteksi maka dibuat tabel perbandingan setting relay proteksi antara eksisting dan hasil perhitungan yang disajikan dalam Tabel 19 berikut.

Tabel 19. Perbandingan setting relay proteksi antara eksisting dan hasil perhitungan

Uraian	Eksisting		Hasil perhitungan	
	Unit 1, 2, 3	Unit 4	Unit 1, 2, 3	Unit 4
Relay diferensial (87T)				
• % Slope gangguan didalam (%)	25	25	25	25
• $I_{setting}$ gangguan didalam (A)	5	6	5	6
• % Slope gangguan diluar (%)	100	100	100	100
• $I_{setting}$ gangguan diluar (A)	20	25	20	25
Relay keseimbangan tegangan (60)				
• V_{pickup} (%)	15	15	15	15
Relay daya balik (32)				
• Daya motoring (MW)	57,36	57,36	57,36	0,95
• Time delay (detik)	30	30	30	30
Relay arus lebih (51)				
• $I_{setting}$ (A)	4	5	4	5
• TMS (detik)	10	1	1	1
Relay urutan negatif (46)				
• Setting I_2 (pu)	0,08	0,049	0,08	0,08
• Waktu operasi relay (detik)	990	990	990	990
Relay hilangnya eksitasi (40)				
• Offset tap (Ω)				
Tap high	2,5	2,5	2,5	2,5
Tap low	0	0,5	0	0,5
• Diameter 1 (Ω)	18	17	18	17
• Diameter 2 (Ω)	38	30	38	30
Relay eksitasi lebih (24)	2,53	2,48	2,53	2,48

• V/Hz time trip pickup (V/Hz)	6	6	6	6
• Waktu operasi (detik)				
Relay frekuensi (81)				
• Under frequency				
F _{pickup} (Hz)		48,80		49,49
Time delay (detik)		1,8		1,8
• Over frequency				
F _{pickup} (Hz)		50,51		50,51
Time delay (detik)		1		1

Berdasarkan Tabel 19 diatas dapat dilihat bahwa setelah dievaluasi, *setting* relay diferensial, relay keseimbangan tegangan, relay daya balik, relay hilangnya eksitasi, relay eksitasi lebih dan *over frequency relay* tidak mengalami perubahan setting, akan tetapi untuk relay urutan negatif, relay arus lebih dan *under frequency relay* terjadi perubahan setting.

Pada relay urutan negatif yang terpasang di unit 4 dapat dilihat bahwa I₂ eksisting sebesar 0,049 pu atau 0,1813 A, sedangkan I₂ hasil perhitungan sebesar 0,08 pu atau 0,312 A. Perbedaan ini dikarenakan pada hasil perhitungan, menggunakan arus setting I₂ sesuai Standar IEEE C37.102-1995. Dimana berdasarkan standar tersebut, kemampuan generator tipe rotor silinder dengan kapasitas daya sampai dengan 960 MVA memiliki kemampuan menahan arus urutan negatif sebesar 8% dari arus nominal generator. Dengan demikian arus urutan negatif maksimal yang mampu ditahan Generator unit 4 adalah:

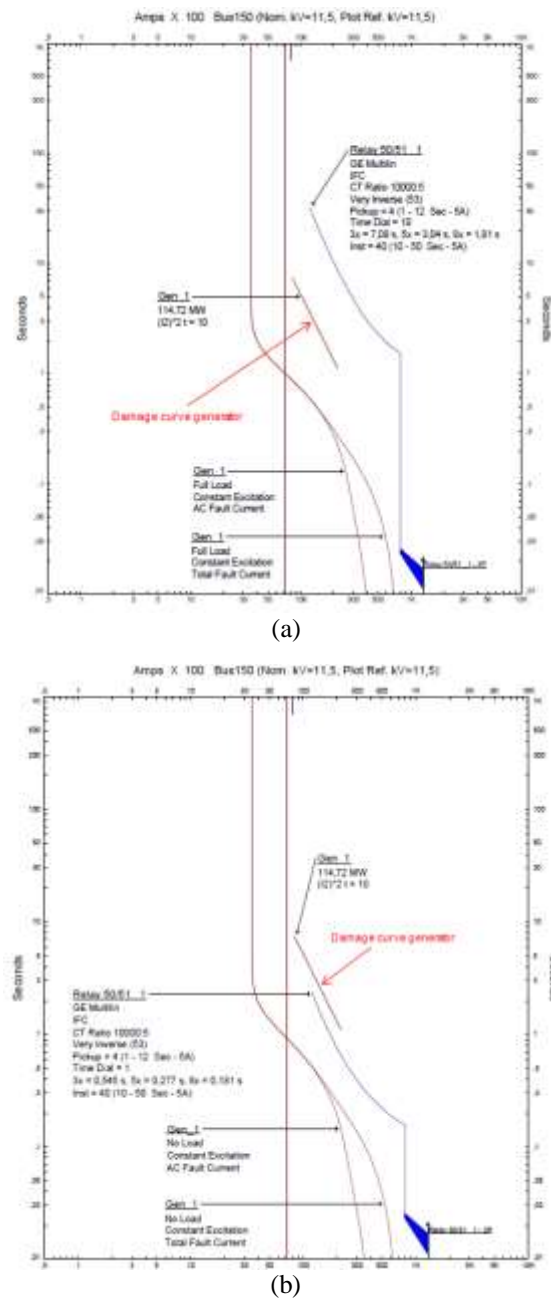
$$I_2(\text{primer CT}) = 8\% \times I_n = 8\% \times 9141 A = 1731,28 A$$

$$I_2(\text{sekunder CT}) = 1731,28 A \times \frac{5}{10000} = 0,305 A$$

$$I_2(\text{sekunder CT}) = 0,305 A$$

Berdasarkan perhitungan I₂ diatas, setting I₂ eksisting sebesar 0,1813 A masih lebih kecil dari hasil perhitungan tersebut. Akibatnya jika terjadi gangguan arus urutan negatif dengan nilai antara 0,1813 A sampai 0,305 A maka relay urutan negatif akan trip pada settingan I₂ eksisting tersebut.

Pada relay arus lebih di unit 1, 2, dan 3 terdapat perbedaan nilai TMS antara eksisting dan hasil perhitungan. Pada unit 1, 2 dan 3, nilai TMS eksisting sebesar 10 detik dan TMS hasil perhitungan sebesar 1 detik. Kurva setting relay arus lebih unit 1 antara eksisting dan hasil perhitungan ditunjukkan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Kurva setting relay arus lebih unit 1 (a) sebelum dilakukan evaluasi (eksisting); (b) setelah dilakukan evaluasi (hasil perhitungan)

Berdasarkan pada Gambar 4 (a) diatas, kurva setting eksisting Relay 50/51_1 disetting diatas *damage curve generator*, sehingga bila terjadi hubung singkat di Bus 150, Bus 146 dan Bus 153 maka relay ini tidak mampu mengamankan Generator, akibatnya dapat menyebabkan generator rusak.

Setelah dilakukan evaluasi setting Relay 50/51 _1, maka didapatkan kurva setting Relay 50/51 _1 yang ditunjukkan pada Gambar 4 (b). Berdasarkan Gambar 4 (b) tersebut, setelah dilakukan evaluasi setting relay, maka didapatkan setting Relay 50/51 _1 dibawah *damage curve generator*. Dengan setting demikian bila terjadi hubung singkat di Bus 150, Bus 146 dan Bus 153 maka Relay 50/51 _1 ini mampu mengamankan Generator dari kerusakan yang disebabkan arus hubung singkat.

Pada *setting under frequency relay* terdapat perbedaan antara F_{pickup} eksisting dan F_{pickup} hasil perhitungan. F_{pickup} eksisting sebesar 48,80 Hz sedangkan F_{pickup} hasil perhitungan sebesar 49,49 Hz. Berdasarkan standar IEEE C37.106-1987, besarnya frekuensi yang diperbolehkan adalah $\pm 1\%$ dari frekuensi referensi. Frekuensi referensi yang digunakan di PLTGU tambak Lorok yaitu 50 Hz sehingga range frekuensi normal yang diijinkan yaitu 49,5-50,5 Hz. Jika F_{pickup} eksisting sebesar 48,80 Hz tetap digunakan maka, jika terjadi penurunan frekuensi antara 49,49 Hz sampai 48,81 Hz maka *under frequency relay* ini tidak akan bekerja. Oleh karena itu, setting F_{pickup} *under frequency relay* ini sebaiknya disesuaikan dengan F_{pickup} hasil perhitungan yaitu sebesar 49,49 Hz.

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan evaluasi *setting* relay proteksi generator dan trafo generator di PLTGU Tambak Lorok Blok 1, maka didapatkan hasil bahwa untuk setting relay diferensial, relay keseimbangan tegangan, relay daya balik, relay hilangnya eksitasi, relay eksitasi lebih dan *over frequency relay* masih layak untuk digunakan, akan tetapi untuk relay urutan negatif, relay arus lebih dan *under frequency relay* mengalami perubahan dari nilai eksisting. Pada *setting* relay urutan negatif unit 4, setting I_2 sebelum dilakukan evaluasi sebesar 0,1813 A sedangkan setting I_2 setelah dilakukan evaluasi sebesar 0,312 A. Pada *setting* relay arus lebih unit 1, 2 dan 3, setting TMS sebelum dilakukan evaluasi sebesar 10 detik sedangkan setting TMS setelah dilakukan evaluasi sebesar 1 detik. Pada *setting under frequency relay* unit 4, setting frekuensi *pickup* sebelum dilakukan evaluasi sebesar 48,80 Hz sedangkan setting frekuensi *pickup* setelah dilakukan evaluasi sebesar 49,49 Hz.

Referensi

- [1]. Arun Phadke, *Power System Protection*. Boca Raton, USA: CRC Press LLC, 2001.
- [2]. *IEEE Guide for AC Generator Protection*, Standar IEEE C37.102-1987.
- [3]. *IEEE Guide for Abnormal Frequency Protection for Power Generating Plants*, Standar IEEE C37.106-1987.
- [4]. *Instructions Loss of Excitation Relay Type CEH51A*, GE Meter and Control.
- [5]. *Instructions SGC 21A, 21B, 21C Negative-Sequence Time Overcurrent Relays*, GE Power Management, Canada, 2002.
- [6]. J Lewis Blackburn dan Thomas J Domin, *Protective Relaying Principles And Applications*. USA: CRC Press, 2004.
- [7]. Liem Ek Bien dan Dita Helna, "Studi Penyetelan Relai Diferensial Pada Transformator PT Chevron Pacific Indonesia," *JETri*, vol. 6, no. 2, hal. 41-68, Feb. 2007.
- [8]. Mery Seksio Kardila, Yulisman dan Budi Santosa, "Sistem Proteksi Pembangkit Jenis Rele Daya Balik (Reverse Power Relay/32)."
- [9]. Novi Arianto, "Koordinasi Rele Arus Lebih Pada Sistem Kelistrikan PT. Pertamina UBEP Tanjung Setelah Penambahan Beban Dan Pembangkit Baru," vol. 1, no. 3, Okt. 2012.
- [10]. *Pola Pengaman Sistem Bagian satu: B. Sistem Transmisi 150 kV*, Standar PLN 52-1, 1984.
- [11]. Prima Hotlan Kristianto, "Evaluasi Kinerja Rele Arus Lebih Pada generator," skripsi, Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia, 2009.
- [12]. *Relai Proteksi Peralatan Pembangkit*, PLN Pusat Pendidikan dan Pelatihan.
- [13]. Yoyok Triyono, Ontoseno Penangsang dan Sjamsjul Anam, "Analisi Studi Rele Pengaman (Over Current Relay Dan Ground Fault Relay) pada Pemakaian Distribusi Daya Sendiri dari PLTU Rembang," *Teknik POMITS*, vol. 2, no. 2, hal. 2337-3539, 2013.