

## EVALUASI SISTEM PROTEKSI GENERATOR PLTMG BALAI PUNGUT PT. PLN (Persero) SEKTOR PEMBANGKITAN PEKANBARU

**Yandri Paulus Marbun, Daniel Meliala, Elvira Zondra**

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning

Jl. Yos Sudarso km. 8 Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

Email : yandripaulus@gmail.com, daniel@unilak.ac.id, elviraz@unilak.ac.id

### ABSTRAK

Dalam pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG), ada beberapa faktor yang mendukung dalam pola pengoperasian PLTMG, seperti ketersediaan bahan bakar, kehandalan peralatan, kondisi pembebanan, dan cuaca. Kehandalan suatu pembangkit khususnya PLTMG sangatlah penting dalam menjaga keberlangsungan dan kehandalan sistem tenaga listrik. Tetapi dalam kenyataannya PLTMG Balai Pungut sering mengalami gangguan, diantaranya adalah gangguan sistem seperti gangguan tegangan kurang dan gangguan frekuensi kurang. Oleh karena itu untuk melokalisir gangguan tersebut di perlukan sistem proteksi yang memenuhi persyaratan sensitifitas, kehandalan, selektivitas dan kecepatan yang semuanya bergantung dengan ketepatan *setting* peralatan proteksinya. Pada hasil evaluasi sistem proteksi generator PLTMG Balai Pungut di dapatkan ketidaktepatan *setting* proteksinya yaitu pada nilai *setting* proteksi rele tegangan kurang, rele tegangan lebih dan rele frekuensi lebih. Untuk *setting* rele *under voltage* pada kondisi eksisting di *setting* 95% dari tegangan nominal generator 15000 V dengan waktu tunda 30 detik dan setelah dilakukan evaluasi di *setting* 90% dari tegangan nominal generator 15000 V dengan waktu tunda 5 detik. Untuk *setting* rele *over voltage* pada kondisi eksisting di *setting* 105% dari tegangan nominal generator 15000 V dengan waktu tunda 30 detik dan setelah dilakukan evaluasi di *setting* 110% dari tegangan nominal generator 15000 V dengan waktu tunda 4 detik. Untuk *setting* rele *over frequency* pada kondisi eksisting di *setting* 110% dari frekuensi nominal generator 50 Hz dengan waktu tunda 4 detik dan setelah dilakukan evaluasi di *setting* 104% dari frekuensi nominal generator 50 Hz dengan waktu tunda 1 detik.

Kata Kunci : *Evaluasi, Generator, Proteksi, Setting, PLTMG.*

### ABSTRACT

*In operation of Gas Engine Power Plant, there are several factors that support in the pattern of operation, such as fuel deprivation, equipment reliability, loading conditions, and weather. Reliability of a generator in particular Gas Engine Power Plant is essential in maintaining the sustainability and reliability of the power system. But in reality, Balai Pungut Gas Engine Power Plant often experience fault, such as undervoltage fault and underfrequency fault. Therefore, to localize the disturbance in need of a protection system that meets the requirements of sensitivity, reliability, selectivity and speed are all dependent on the precision of protection equipment settings. On the evaluation of the generator protection system Balai Pungut Gas Engine Power Plant in get the error protection settings that is on the value of undervoltage relay setting protection, overvoltage relay setting protection and underfrequency relay setting protection. For under voltage relay at the conditions existing in setting 95% of nominal voltage 15000 V generator with 30 seconds delay time and after evaluation in the setting 90% of the nominal voltage 15000 V generator with a delay time of 5 seconds. For over voltage relay at the existing condition in setting 105% of nominal voltage 15000 V generator with 30 second delay time and after evaluation in the setting 110% of nominal voltage 15000 V generator with 4 seconds delay time. For relay over frequency at the existing condition in setting 110% of nominal frequency of 50 Hz generator with 4 second delay time and after evaluation in setting 104% of nominal frequency of 50 Hz generator with 1 second delay time.*

**Keywords:** *Evaluation, Generator, Protection, Setting, Gas Engine Power Plant.*

## 1. PENDAHULUAN

Kehandalan suatu sistem tenaga listrik dapat terlihat ketika terjadinya gangguan yang dapat menyebabkan terganggunya penyaluran energi listrik ke konsumen. Dalam suatu sistem tenaga listrik tidak akan mungkin bebas dari gangguan. Gangguan yang terjadi bisa pada pembangkitan, transmisi, maupun distribusi. Salah satu contoh adalah gangguan yang terjadi pada generator. Generator adalah komponen yang sangat penting dalam pembangkitan energi listrik. Jika terjadi gangguan pada generator akan menyebabkan terganggunya proses penyediaan energi listrik dan dapat menyebabkan kerusakan pada generator itu sendiri.

Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Balai Pungut dengan kapasitas daya terpasang 7 unit  $\times$  16 MW pertama kali sinkron ke sistem kelistrikan 150 kV Sumbagteng pada Oktober 2013. Pada generator PLTMG Balai Pungut digunakan rele Vamp 210 untuk mengamankan gangguan yang berasal dari dalam maupun luar generator. Vamp 210 adalah rele proteksi multifungsi yang dirancang untuk perlindungan tegangan menengah dan tegangan tinggi dalam berbagai aplikasi generator. Rele ini menangani kondisi gangguan selama generator *start up* hingga beroperasi normal.

Sejak pembangkit mulai dioperasikan hingga sekarang, telah terjadi berbagai jenis gangguan yang menyebabkan PLTMG Balai Pungut *shutdown*. Gangguan yang terjadi dapat berupa gangguan mekanik pada penggerak mulanya dan gangguan pada generatornya. Berdasarkan data gangguan (lampiran 3) yang terjadi sepanjang tahun 2016, telah terjadi sebanyak 11 kali gangguan yang menyebabkan PLTMG Balai Pungut *shutdown*. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa penyebab gangguan berasal dari gangguan sistem 150 kV Sumbagteng yang mengakibatkan rele pengaman generator tegangan kurang, tegangan lebih dan frekuensi kurang bekerja memerintahkan PMT 52G PLTMG Balai Pungut lepas sinkron untuk mengamankan generator.

Menurut Kanabar, dkk (2013), bahwa pemeliharaan secara berkala terhadap sistem proteksi generator mutlak diperlukan untuk memvalidasi sistem proteksi generator apakah bekerja dengan semestinya. Selain itu juga direkomendasikan untuk dilakukan *troubleshooting testing* dengan mengumpulkan data dan status dari semua peralatan proteksi, sehingga keandalan dari sistem proteksi dapat dievaluasi menggunakan parameter pengaman yaitu sistem proteksi tidak beroperasi saat tidak

dibutuhkan dan parameter kehandalan yaitu sistem proteksi beroperasi saat dibutuhkan.

Dengan bantuan rele proteksi yang saling berkoordinasi dapat memonitor kondisi operasi generator secara terus menerus setiap saat dengan cermat dan tepat, sehingga pada saat terjadi gangguan maka rele proteksi tersebut dapat memberikan perintah PMT 52G lepas sinkron untuk mengamankan generator.

Dari jumlah kejadian gangguan yang terjadi secara berulang-ulang tersebut memunculkan kecurigaan adanya ketidaktepatan nilai *setting* pada rele pengaman generator PLTMG Balai Pungut. Oleh karena itu diperlukan untuk melakukan evaluasi pada sistem proteksi generator PLTMG Balai Pungut.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Data Teknis

Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) PT.PLN (Persero) Pusat Listrik Balai Pungut merupakan pembangkit listrik yang menggunakan mesin 4 langkah sebagai penggerak utama (*prime mover*) untuk memutar rotor generator, yang mana mesin 4 langkah tersebut dapat beroperasi menggunakan 2 jenis bahan bakar yaitu solar dan gas. Pada saat pengoperasian awal hingga beban 4 MW PLTMG Balai Pungut menggunakan solar sebagai bahan bakar awal, kemudian setelah itu dilakukan peralihan bahan bakar ke gas hingga mesin dapat beroperasi normal serta beban generator secara perlahan dinaikan hingga mencapai daya mampu generator yaitu 15 MW.

Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) PT. PLN (Persero) Pusat Listrik Balai Pungut diproduksi oleh Wartsila Finland Oy yang berada di kota Turku, Finlandia. PLTMG Balai Pungut mulai dioperasikan pertama kali pada bulan Oktober tahun 2013.

### 2.2 Data Teknik Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas Balai Pungut

PLTMG Balai Pungut menggunakan mesin yang di produksi oleh Wartsila Finland Oy sebagai penggerak mula generator. Untuk jenis mesin yang digunakan adalah mesin yang menggunakan bahan bakar solar dan gas sebagai bahan bakar utamanya. Mesin tersebut menggunakan 18 buah silinder dengan konfigurasi *V Engine* yang terbagi mendi 2 sisi yaitu 9 buah silinder untuk sisi A dan 9 buah silinder untuk sisi B. Jenis mesin yang digunakan adalah Wartsila 50DF seperti pada gambar 1.



**Gambar 1.** Penggerak mula PLTMG Balai Pungut

Adapun data teknik PLTMG Balai Pungut pada tabel 1 dan tabel 2.

**Tabel 1.** Data utama PLTMG Balai Pungut

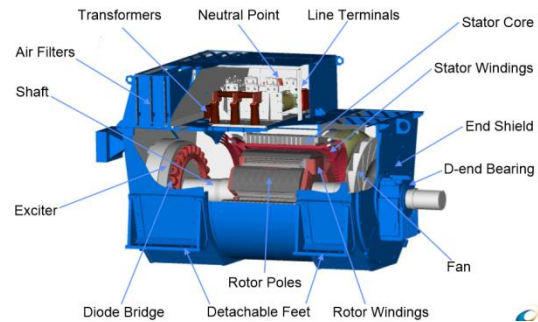
Pabrikan	Wartsila Finland Oy
Kecepatan	500 rpm
Jumlah Piston	18 buah
Beban Dasar	15.000 kW
Daya Terpasang	16.600 kW
Tekanan Udara	100 kPa (1.0 bar)
Suhu Gas Buang	$\pm 500^{\circ}\text{C}$
Tekanan Gas Buang	14,7 Psi

**Tabel 2.** Data *engine block* PLTMG Balai Pungut

Konfigurasi	<i>V engine form</i>
Jumlah Silinder	18 buah
Diameter <i>Cylinder Bore</i>	500 mm
Diameter <i>Stroke</i>	580 mm
Kecepatan	500 rpm
<i>Mean Piston Speed</i>	9,67 m/s
<i>Mean Effective Press</i>	20,0 bar
<i>Swept Volume per Cylinder</i>	96,4 dm <sup>3</sup>
Panjang Blok Mesin	18.784 m
Lebar Blok Mesin	5.324 m
Tinggi Blok Mesin	6.332 m
Berat Blok Mesin ( <i>dry</i> )	358.470 kg
Berat Blok Mesin ( <i>wet</i> )	373.470 kg

### 2.3 Data Teknik Generator PLTMG Balai Pungut

Generator yang digunakan pada PLTMG Balai Pungut adalah generator dengan kapasitas terpasang 20798 kVA yang diproduksi oleh perusahaan ABB Helsinki dan di kopel dengan mesin penggerak mula Wartsila 50DF seperti pada gambar 2.



**Gambar 2.** Generator PLTMG Balai Pungut

Untuk spesifikasi generator PLTMG Balai Pungut pada tabel 3.

**Tabel 3.** Spesifikasi teknik generator PLTMG Balai Pungut

Pabrikan	ABB
Tipe	AMG 1600SS 12 DSE
<i>Power Output</i>	20.798 kVA
Tegangan	15.000 V
Arus	801 A
Power Factor	0,80
Frekuensi	50 Hz
Kecepatan	500 rpm
Reaktansi	XD'' 227,8% dan XD' 39,5%
Overspeed	600 rpm
Arah Putaran	CCW (berlawanan jarum jam)
Berat	57.000 kg

### 2.4 Spesifikasi Teknik Rele Generator PLTMG Balai Pungut

Proteksi generator PLTMG Balai Pungut menggunakan rele digital atau rele multifungsi sebagai proteksi gangguan dari dalam maupun dari luar generator tersebut. Rele yang di gunakan untuk proteksi generator PLTMG Balai pungut adalah rele Vamp 210 yang di produksi pabrikan Schneider Electric seperti gambar 3. Rele Vamp 210 memiliki 25 jenis fungsi proteksi generator yang dapat diterapkan secara bersamaan.

Untuk memasukkan data setting pada Rele Vamp 210 dapat di lakukan dengan 2 cara yaitu :

1. Dengan cara lokal yaitu menggunakan tombol yang terdapat pada panel depan rele Vamp 210.
2. Dengan menggunakan komputer atau laptop yang tersambung melalui koneksi kabel RGB pada *port* yang terdapat pada panel depan

rele Vamp 210 dengan bantuan *software* Vamp.



Gambar 3. Rele Vamp 210

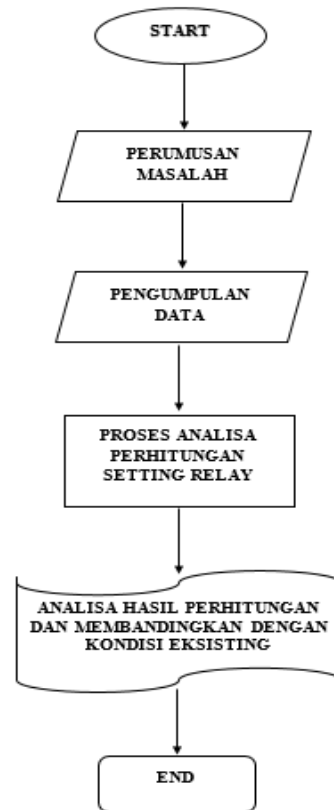
Terdapat 12 fungsi proteksi rele Vamp 210 yang diterapkan pada generator PLTMG Balai Pungut. Untuk data *setting* rele generator PLTMG Balai Pungut pada tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Data *Setting* Rele Generator PLTMG Balai Pungut

No	Parameter	Setting Eksisting		Jenis Kurva
		Nilai Setting	Waktu Tunda	
1	Overcurrent – 50/51	1,12 x Ign	0,2 s	Normally Inverse
2	Reverse Power - 32	-4 % x Pm	2 s	Definite Time
3	Underexcitation - 40	30 % x Sgn	2 s	Definite Time
4	Unbalance - 46	8%	20 s	Inverse Time
5	Thermal Overload - 49	1,06 x Ign	60 menit	Infinite
6	Earth Fault – 50N/51N	0,04 pu	0,6 s	Definite Time
7	Directional Earth Fault – 67N	0,04 pu	0,3 s	Definite Time
8	Overvoltage – 59	105% x Ugn	30 s	Definite Time
9	Undervoltage - 27	95 % x Ugn	30 s	Definite Time
10	Zero Seq.Voltage – 59N	10 %	2 s	Definite Time
11	Overfrequency – 81H	110 % x fn	4 s	Definite Time
12	Underfrequency – 81L	95 % x fn	4s	Definite Time

## 2.5 Langkah Penelitian

Tahapan-tahapan yang akan di lakukan dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini agar hasil yang di capai tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditentukan adalah seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Flow chart penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Setting Rele Over Current – 50/51

Spesifikasi teknis generator adalah 20798 kVA; 15 kV/50 Hz;  $\text{Cos}\phi = 0,8$ . Rele diseting berdasarkan arus ( $I_{\text{set}}$ ) = 1,12 arus nominal generator ( $I_{\text{nom}}$ ), menggunakan Trafo-arus (Current Transformer, CT) dengan ratio (RCT) = 1000/1.

Berdasarkan arus beban penuh (*full load*), arus nominal dan arus setting adalah :

$$I_{\text{nom}} = \frac{kVA}{\sqrt{3} \times kV} = \frac{20798}{\sqrt{3} \times 15} = 800,51 \text{ Ampere}$$

$$I_{\text{set}} = 1.12 \times 800,51 = 896,57 \text{ Ampere}$$

Arus seting ini mengalir pada sisi primer Trafo-arus, sehingga arus seting pada sisi sekunder trafo arus atau arus seting yang masuk ke rele ( $I_r$ ) adalah :

$$I_r = \frac{I_{\text{set}}}{\text{Ratio CT}} = \frac{897}{\frac{1000}{1}} = 0.89657 \text{ Ampere dibulatkan } 1 \text{ Ampere}$$

Waktu kerja relay dapat di cari menggunakan rumus karakteristik *normal inverse* adalah :

$$t = 0.14 \frac{t_{ms}}{\left(\frac{I_r}{I_{Pick-up}}\right)^{0.02} - 1} = 0.14 \frac{0.20}{\left(\frac{1}{20}\right)^{0.02} - 1} = 0,46$$

detik (*Normal Inverse*)

### 3.2 Setting Rele Reverse Power – 32

Rele *Reverse power* - 32 dilengkapi dengan Trafo-potensial (*Potensial Transformer*, PT) dengan ratio (RPT) = 15000/110 dan Trafo-arus (*Current Transformer*, CT) dengan ratio (RCT) = 1000/1. Rele ini disetting pada daya-balik sebesar -4% dari daya nominal generator ( $P_n$ ) yaitu :

$$P_{set} = -4\% \times P_n = -4\% \times 17045 \text{ kW} \\ = -681,8 \text{ kW}$$

Daya-balik yang dirasakan oleh rele ( $P_r$ ) adalah dari tegangan dan arus sekunder Trafo-potensial dan Trafo-arus yaitu :

$$P_r = \frac{P_{set}}{(RPT) \times (RCT)} = \frac{-681800}{\left(\frac{15000}{110}\right) \times \left(\frac{1000}{1}\right)} \\ = -4,545 \text{ Watt}$$

Berdasarkan parameter yang terdapat pada rele Vamp 210 fungsi *Reverse Power* Rele menggunakan waktu tunda (*time delay*) *definite operation time*, sehingga waktu tunda (*time delay*) yaitu 3 detik (*definite time*).

### 3.3 Setting Rele Under Voltage - 27

Pengoperasian rele Vamp 210 dengan fungsi rele *under voltage* – 27 dilengkapi dengan Trafo-potensial (*Potensial Transformer*, PT) dengan ratio (RPT) = 15.000/100, dan Rele ini disetting pada tegangan sebesar 90% dari tegangan nominal generator ( $V_n$ ) sesuai dengan standar PLN yaitu :

$$V_{set} = 90\% \times V_n = 90\% \times 15.000 \text{ V} \\ = 13500 \text{ kV}$$

*Under voltage* yang dirasakan oleh rele ( $P_r$ ) adalah dari tegangan sekunder Trafo-potensial yaitu :

$$V_r = \frac{V_{set}}{RPT} = \frac{13500}{15.000/100} = 99,00 \text{ Volt}$$

Dengan waktu tunda (*time delay*) sebesar 5 detik (*definite time*).

### 3.4 Setting Rele Over Voltage – 59

Pengoperasian *over voltage* Rele - 59 dilengkapi dengan Trafo-potensial (*Potensial Transformer*, PT). Rele ini disetting pada tegangan sebesar 110% dari tegangan nominal generator ( $V_n$ ) sesuai dengan standart PLN yaitu :

$$V_{set} = 110\% \times V_n = 110\% \times 15000 \text{ V} = \\ 16500 \text{ Volt}$$

*Over voltage* yang dirasakan oleh rele ( $V_r$ ) adalah dari tegangan sekunder Trafo-potensial yaitu :

$$V_r = \frac{V_{set}}{RPT} = \frac{16500}{15000/110} = 121,00 \text{ Volt}$$

Dengan waktu tunda (*time delay*) sebesar 4 detik (*definite time*).

### 3.5 Setting Rele Thermal Overload – 49

Dalam *setting* rele *thermal over load* – 49 dilengkapi dengan trafo-arus (*Current Transformer*, CT) dengan ratio 1000/1. Rele disetting berdasarkan arus dengan konstanta 1,06 dan arus nominal generator ( $I_n$ ) 800,51 *Ampere* . Maka untuk menghitung arus kerja primer rele yaitu :

$$I_{set} = K \times I_n = 1,06 \times 800,51 = \\ 848,54 \text{ Ampere}$$

Arus *setting* yang masuk ke rele ( $I_r$ ) yaitu :

$$I_r = \frac{I_{set}}{RCT} = \frac{848,54}{\frac{1000}{1}} = 0,84954 \text{ Ampere}$$

Dengan waktu tunda (*time delay*) sebesar 60 menit (*Infinite*).

### 3.6 Setting Rele Under Excitation – 40

Dalam pengoperasian rele *under excitation* - 40 menggunakan daya nominal generator ( $P_{nom}$ ) 20798 kVA sebagai acuan penyetingan. Rele ini di setting sebesar -30% dari daya nominal generator ( $P_{nom}$ ) yaitu

$$P_{set} = -30\% \times P_{nom} = -30\% \times 20798 = \\ -6239.4 \text{ kVA}$$

Dengan waktu tunda (*time delay*) sebesar 2 detik (*definite time*).

### 3.7 Setting Rele Current Unbalance – 46

Standar ANSI mensyaratkan batasan yang diekspresikan sebagai  $I_2^2 t = K_{setting}$ , dimana  $I_2$  adalah integrasi arus urutan negatif yang mengalir dalam waktu t detik. K adalah suatu konstanta yang besarnya tergantung pada desain mesin yang bersangkutan

Rele ini hanya akan mengirim sinyal trip apabila akumulator mulai mengakumulasi efek thermal  $I_2$  . Pada rele Vamp 210 arus *pick up*  $I_2$  minimum sekitar 60% dari arus nominal generator ( $I_{nom}$ ) 800,51 *Ampere*. Ketika efek termal yang

terakumulasi mencapai batas setting  $K_{setting}$  yaitu 80% dari arus nominal generator ( $I_{nom}$ ) 800,51 Ampere maka rele akan mengirim sinyal trip yang dinyatakan sebagai berikut yaitu :

$$I_2^2 t = K_{setting}$$
$$0,06^2 t = 0,08, \quad t = 20 \text{ detik}$$

Jadi fungsi *current unbalance* rele – 40 akan bekerja apabila merasakan ketidakseimbangan arus pada 3 fasa generator sebesar 60% dari arus nominal generator ( $I_{nom}$ ) 800,51 Ampere selama 20 detik atau telah mencapai batasan nilai  $K_{setting}$  yaitu sebesar 80% dari arus nominal generator ( $I_{nom}$ ) 800,51 Ampere.

### 3.8 Setting Rele Frequency – 81

Dalam pengoperasiannya rele *frequency* – 81 menggunakan nilai frekuensi nominal generator ( $f_{nom}$ ) 50 Hz sebagai acuan penyetingan. Rele *Frequency* – 81 terbagi menjadi 2 jenis fungsi relay yaitu :

#### 1. Rele *Underfrequency* – 81U

Rele ini di setting sebesar 95% dari frekuensi nominal generator yaitu :

$$UFR_{set} = 95\% \times f_{nom} = 95\% \times 50\text{Hz} = 47,5 \text{ Hz}$$

Dengan waktu tunda (*time delay*) sebesar 4 detik (*definite time*).

#### 2. Rele *Overfrequency* – 81O

Rele ini di setting sebesar 104% dari frekuensi nominal generator yaitu :

$$OFR_{set} = 104\% \times f_{nom} = 104\% \times 50\text{Hz} = 52 \text{ Hz}$$

Dengan waktu tunda (*time delay*) sebesar 1 detik (*definite time*).

### 3.9 Setting Rele Zero Sequence Voltage – 59N

Untuk gangguan di belitan stator, tegangan pada rele akan semakin kecil jika gangguan makin dekat ke netral. Rele ini akan memberikan sinyal trip kepada PMT generator apabila tegangan  $V_{L-N}$  pada titik netral melebihi dari nilai ambang batas settingnya. Rele ini disetting sebesar 10% dari tegangan  $V_{L-N}$  yaitu :

$$V_{set} = 10\% \times \frac{V_{nominal}}{\sqrt{3}} = 10\% \times \frac{15000}{\sqrt{3}} = 866 \text{ V}$$

Dengan waktu tunda (*time delay*) sebesar 2 detik (*definite time*).

### 3.10 Setting Rele Earth Fault – 50N/51N

Gangguan hubung singkat ke tanah tidak dapat dideteksi oleh rele OCR bila titik netral generator tidak ditanahkan. Oleh karenanya ada rele hubung tanah untuk melindungi generator terhadap gangguan hubung tanah. Rele gangguan tanah di *setting* sebesar 4% dari arus hubung singkat generator yang didapatkan dari data pengujian generator yaitu :

$$I_{set} = 4\% \times I_f = 4\% \times 50A = 2 \text{ Ampere}$$

Dengan waktu tunda (*time delay*) sebesar 1 detik (*definite time*).

### 3.11 Setting Rele Directional Earth Fault – 50N/51N

Rele pengaman generator gangguan tanah berarah 67N digunakan untuk melindungi stator generator dari gangguan tanah yang bekerja karena adanya besaran arus dan tegangan yang dapat membedakan arah arus gangguan ke depan atau arah arus ke belakang. Rele gangguan tanah berarah di *setting* sebesar 4% dari arus hubung singkat generator yang didapatkan dari data pengujian generator yaitu :

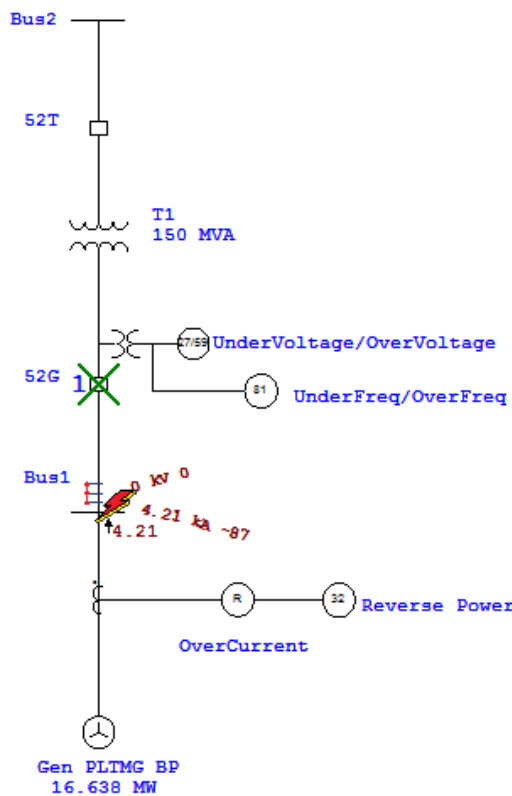
$$I_{set} = 4\% \times I_f = 4\% \times 50A = 2 \text{ Ampere}$$

Dengan waktu tunda (*time delay*) sebesar 3 detik (*definite time*).

### 3.12 Simulasi Evaluasi Sistem Proteksi Generator PLTMG Balai Pungut

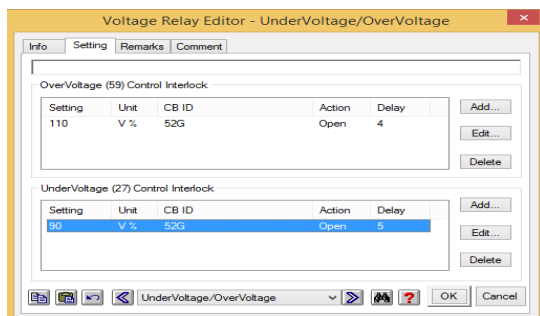
Untuk simulasi koordinasi proteksi generator PLTMG Balai Pungut, disimulasikan pada ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*). Pada ETAP disimulasikan dalam 2 kondisi *setting* rele proteksi generator PLTMG Balai Pungut yaitu *setting* rele proteksi generator PLTMG Balai Pungut dalam kondisi eksisting dan kondisi *setting* rele proteksi generator PLTMG Balai Pungut setelah dilakukan evaluasi.

Pada gambar 5 disimulasikan koordinasi proteksi dengan kondisi *setting* rele proteksi generator PLTMG Balai Pungut setelah dilakukan evaluasi antara rele *over current*, rele *under voltage*, rele *over voltage*, rele *under frequency*, rele *over frequency* dan rele *reverse power*.



Gambar 5. Simulasi koordinasi proteksi generator PLTMG Balai Pungut kondisi setelah evaluasi

Dengan menggunakan data hasil evaluasi rele proteksi generator PLTMG Balai Pungut dan melakukan *setting* parameter rele yang terdapat pada ETAP seperti gambar 6 maka di dapat koordinasi waktu kerja antara rele *over current* dan rele *under voltage* pada gambar 7.



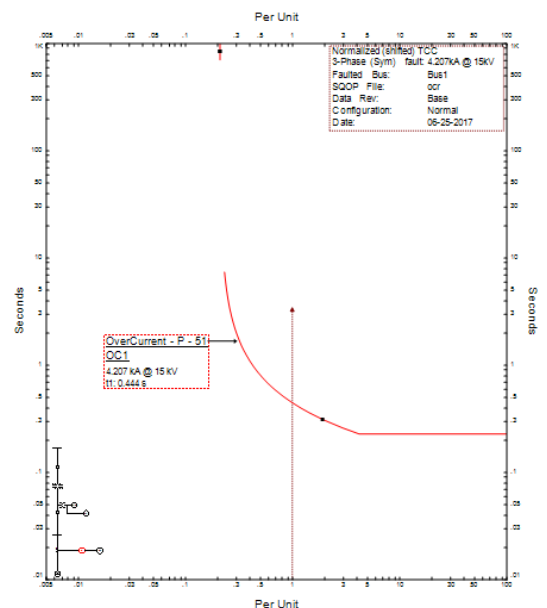
Gambar 6. Setting parameter rele *under voltage* dan rele *over voltage* setelah evaluasi pada ETAP

The screenshot shows the 'Sequence-of-Operation Events - Output Report: ocr' window. It displays a table of event data for a '3-Phase (Symmetrical) fault on bus: Bus1'.  
 Table data:  
 - Date Rev.: Base, Config: Normal, Date: 06-25-2017  
 - Header: Time (ms), ID, If (kA), T1 (ms), Condition  
 - Row 1: 444, OverCurrent, 4.207, 444, Phase - OC1 - S1  
 - Row 2: 494, 52G, 50.0, 50.0, Tripped by OverCurrent Phase - OC1 - S1  
 - Row 3: 5000, UnderVoltage/OverVoltage, 5000, 5000, Undervoltage - 27  
 - Row 4: 5050, 52G, 50.0, 50.0, Tripped by UnderVoltage/OverVoltage Undervolt...

Gambar 7. Koordinasi waktu kerja antara rele *over current* dan rele *under voltage* setelah evaluasi

Pada gambar 5 terdapat gangguan arus lebih pada bus 7 dan gambar 6 merupakan *setting* rele *under voltage* dalam keadaan setelah evaluasi (telah dilakukan perubahan) yaitu 90% dari tegangan nominal generator untuk melindungi generator dari gangguan. Pada gambar 4.7 dapat dilihat rele *over current* bekerja terlebih dahulu karena telah merasakan adanya gangguan arus lebih sebesar 4,207 kA selama 0,444 detik dan melepaskan PMT 52 G dari sistem 150 kV , namun apabila rele *over current* gagal merasakan gangguan maka rele *under voltage* akan *mem-backup* untuk mengamankan generator dari gangguan apabila telah merasakan adanya gangguan tegangan kurang selama 5 detik, karena pada saat terjadi gangguan arus lebih maka tegangan generator akan turun/*drop*.

Kurva karakteristik waktu kerja rele *over current* setelah di evaluasi saat terjadi gangguan dari hasil simulasi pada ETAP pada Gambar 8.



Gambar 8. Kurva karakteristik waktu rele *over current* setelah evaluasi

Pada gambar 8 terdapat kurva waktu kerja rele *over current* dengan karakteristik *normal inverse* yang merupakan kurva arus gangguan pada gambar 4.5 dengan arus gangguan sebesar 4,207 kA dan rele *over current* bekerja setelah merasakan gangguan selama 0,444 detik. Semakin besar arus gangguan maka semakin kecil waktu tundanya.

### 3.13 Analisa Hasil Evaluasi Setting Proteksi Generator PLTMG Balai Pungut

Dari data evaluasi *setting* sistem proteksi generator PLTMG Balai Pungut yang telah dilakukan serta merujuk pada data gangguan yang terjadi sepanjang tahun 2016 terdapat beberapa ketidaktepatan *setting* rele. *Setting* rele yang tidak sesuai tersebut adalah rele *under voltage*, rele *over voltage* dan rele *over frequency*.

Untuk rele *under voltage* dan rele *over voltage* pada *setting* eksistingnya menggunakan toleransi  $\pm 5\%$  dari tegangan nominal generator yang merujuk pada data *testing* proteksi generator yang dilakukan oleh pihak pabrikan yaitu Wartsila Finland Oy. Setelah dilakukan evaluasi, *setting* tersebut tidak sesuai dengan standar *setting* rele *under voltage* dan rele *over voltage* yang telah di atur oleh PT. PLN(Persero) P3B Sumatera yang tercantum dalam Aturan Sistem Tenaga Listrik Sumatera yaitu  $\pm 10\%$  dari tegangan nominal generator.

Rele *over frequency* pada *setting* eksistingnya menggunakan toleransi 10% dari frekuensi nominal generator yang merujuk pada data *testing* proteksi generator yang dilakukan oleh pihak pabrikan yaitu Wartsila Finland Oy. Setelah dilakukan evaluasi, *setting* tersebut tidak sesuai dengan standar *setting* rele *over frequency* yang telah di atur oleh PT. PLN (Persero) P3B Sumatera yang tercantum dalam Aturan Sistem Tenaga Listrik Sumatera yaitu 4% dari frekuensi nominal generator.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan data gangguan yang terjadi sepanjang tahun 2016 telah terjadi 11 kali kejadian yang mengakibatkan PLTMG Balai Pungut *shutdown* yang di akibatkan oleh bekerja 3 buah fungsi rele secara berulang-ulang yaitu rele *under voltage*, rele *over voltage* dan rele *under frequency* yang terdapat pada rele generator Vamp 210.

Dari hasil evaluasi *setting* sistem proteksi generator PLTMG Balai Pungut dapat disimpulkan bahwa :

1. Untuk rele *under voltage* dan rele *over voltage*, setelah dilakukan evaluasi, *setting*

tersebut tidak sesuai dengan standar *setting* rele *under voltage* dan rele *over voltage* yang telah di atur oleh PT. PLN(Persero) P3B Sumatera yang tercantum dalam Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik Sumatra CC 2.1 yaitu sebesar  $\pm 10\%$  dari tegangan nominal generator dan merujuk pada standar ANSI C84.1 (lampiran 6) yaitu :

- a. Rele *under voltage* di *setting*  $90\% \times V_{nom} = 90\% \times 15000 V = 13500 V$  dengan waktu tunda (*time delay*) 5 detik.
- b. Rele *over voltage* di *setting*  $110\% \times V_{nom} = 110\% \times 15000 V = 16500 V$  dengan waktu tunda (*time delay*) 4 detik.

Pada *setting* eksistingnya yang merujuk pada data laporan pengujian proteksi generator PLTMG Balai Pungut (lampiran) menggunakan toleransi  $\pm 5\%$  dari tegangan nominal generator yaitu :

- a. Rele *under voltage* di *setting*  $95\% \times V_{nom} = 95\% \times 15000 V = 14250 V$  dengan waktu tunda (*time delay*) 30 detik.
- b. Rele *over voltage* di *setting*  $105\% \times V_{nom} = 105\% \times 15000 V = 15750 V$  dengan waktu tunda (*time delay*) 30 detik.

2. Untuk rele *under frequency*, setelah dilakukan evaluasi *setting* sistem proteksi generator PLTMG Balai Pungut sudah sesuai dengan kondisi eksistingnya dan sesuai dengan standar *setting* rele *under frequency* yang telah di atur oleh PT. PLN (Persero) P3B Sumatera yang tercantum dalam Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik Sumatera CC 3.2.5.
3. Untuk rele *over frequency*, setelah dilakukan evaluasi, *setting* tersebut tidak sesuai dengan standar *setting* rele *over frequency* yang telah di atur oleh PT. PLN (Persero) P3B Sumatera yang tercantum dalam Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik Sumatera CC 3.2.5 yaitu 4% dari frekuensi nominal generator yaitu : Rele *over frequency* di *setting*  $104\% \times f_{nom} = 104\% \times 50 Hz = 52 Hz$  dengan waktu tunda (*time delay*) 1 detik.

Pada *setting* eksistingnya menggunakan toleransi 10% dari frekuensi nominal generator yang merujuk pada data *testing* proteksi generator PLTMG Balai Pungut yaitu : Rele *over frequency* di *setting*  $110\% \times f_{nom} = 110\% \times 50 Hz = 55 Hz$  dengan waktu tunda (*time delay*) 4 detik.

Untuk *setting* rele proteksi generator selain rele *under voltage*, rele *over voltage*, rele *over frequency* dan rele *under frequency*, setelah dilakukan evaluasi sistem proteksi generator



PLTMG Balai Pungut sudah sesuai dengan kondisi eksistingnya yang merujuk pada data *testing* proteksi generator yang dilakukan oleh pihak pabrikan yaitu Wartsila Finland Oy.

#### 4.2 Saran

Berdasarkan hasil pembahasan dan kesimpulan, maka disarankan dilakukan pengujian kinerja rele proteksi generator di secara berkala agar diketahui apakah rele bekerja dengan semestinya sehingga tidak terjadi kesalahan operasi yang mengakibatkan kerusakan yang fatal pada generator.

### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, Irfan, 2009, *Tugas Akhir Analisa Setting Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang Sadewa di GI Cawang*, Universitas Indonesia, Depok
- Azhari, Akbar Agung, 2012, *Tugas Akhir Rancang Bangun Modul Praktikum Relay Tegangan Lebih Sistem 3 Fasa Menggunakan Relay Tipe BE4-27/59*, Politeknik Negeri Bandung, Bandung
- Blackburn, J Lewis, 2006, *Protective Relaying : Principles and Applications Third Edition*, Taylor & Francis Group, London
- International Standar, *Measuring Relays and Protection Equipment*, International Electrotechnical Commission IEC Publication IEC 60255 – Standard Series
- Kanabar, Mital, Zhang, Zhiying, Muthukrishnan, Vijaysarathi, Wang, Wenping, Southwood, Mike, Momic, Jovan, Das, Manish, 2013, *Comprehensive Testing of Generator Protection Systems*, Journal of Electrical & Electronic Engineering, ISBN : 978-1-4799-0119-7
- Kardilla, Mery Seksio, 2011, *Tugas Akhir Sistem Proteksi Pembangkit Jenis Rele Daya Balik (Reverse Power Relay/32)*, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, Padang
- Kasmir, 2011, *Koordinasi Rele Arus Lebih di Gardu Induk Bukit Siguntang dengan Simulasi (ETAP 6.00)*, Jurnal Media Teknik Vol.8, No. 3 : 2011
- Kristianto, Prima Hotlan, 2009, *Tugas Akhir Evaluasi Kinerja Rele Arus Lebih Pada Generator*, Universitas Indonesia, Depok
- Marsudi, Djiteng, 2005, *Pembangkitan Energi Listrik*, Erlangga, Jakarta
- Mufrizon, Eddon, 2016, *Bahan Ajar Inspeksi dan Pengujian Tenaga Listrik*, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lancang Kuning, Pekanbaru
- Multa, Lesnanto, 2013, *Modul Pelatihan ETAP*, Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Pandjaitan, Bonar, 2010, *Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*, Andi, Yogyakarta
- Prasetyo, Didik, 2013, *Tugas Akhir Perancangan Proteksi Under Voltage dan Over Voltage pada Motor Induksi 3 Fasa berbasis MikroKontroler Atmega 32*, Universitas Pakuan, Bogor
- Subeno, Edi, 2002, *Tugas Akhir Analisa Setting Mho Relay sebagai Proteksi Hilang Penguat Generator*, Universitas Diponegoro, Semarang
- Taskin, Sezai, 2010, *Power Plant Monitoring for Reverse Power flow Evaluation*, Journal of Electrical & Electronic Engineering, Vol 10, No. 1, ISSN : 1153-1162
- Wartsila, Finland Oy, 2013, *Station Manual Guide Balai Pungut Gas Engine Power Plant*, Document PLTMG Duri 100 MW, Duri, Riau
- Wijayanto, Nanda Dicky, 2012, *Koordinasi Proteksi Tegangan Kedip dan Arus Lebih pada Sistem Kelistrikan Industri Nabati*, Jurnal Teknik ITS Vol. 1, 2012, ISSN: 2301-9271