

# **EVALUASI *SETTING RELAY* PROTEKSI GENERATOR PADA *PLAN* PT. PETROCHINA INTERNATIONAL JABUNG LTD. BETARA *COMPLEX DEVELOPMENT PROJECT* MENGGUNAKAN SIMULASI ETAP 12.6.0**

Teguh Dwi Saputro<sup>\*)</sup>, Hermawan, and Susatyo Handoko

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

<sup>\*)</sup>*Email: teguhdwsaputro@gmail.com*

## **Abstrak**

Dalam plan PT. Petrochina International Jabung Ltd. terdapat 3 Gas Turbine Generator identik sebagai pembangkit listrik sistem. Tiga Motor Sales Gas Compressor sebesar 4,7 KW akan ditambahkan ke dalamnya untuk memperbanyak produksi. Karena penambahan beban, nama plan tersebut berubah menjadi BCD 4 Project. Dikarenakan penambahan beban, setting relay proteksi generator perlu dievaluasi dengan menghitung ulang setting relay plan tersebut sesuai standar. Hasil perhitungan dan perancangan akan disimulasikan oleh ETAP 12.6.0. Berdasarkan hasil evaluasi, relay frekuensi masih layak digunakan. Namun ada beberapa setting yang tidak sesuai, yaitu pada setting relay diferensial. Slope 1 dan 2 pada relay diferensial menjadi 11,03 dan 44,12A. Arus dan waktu pada relay arus lebih dengan voltage control menjadi 2,15A dan 0,38detik. Arus dan delay relay arus lebih instantaneous menjadi 18,75A dan 0,15detik. Arus dan waktu relay arus lebih definite menjadi 0,3A dan 0,65detik. Arus urutan negatif pada relay urutan negatif menjadi 0,248A. Diameter 1 dan 2 serta delay pada relay hilang eksitasi menjadi 22 dan 40 $\Omega$  serta 0,5detik. Setting trip dan waktu pada relay eksitasi lebih menjadi 2,1V/Hz dan 6detik. Daya balik dan delay relay daya balik menjadi 1,02 MW dan 5detik. Tegangan pickup serta delay relay tegangan menjadi 97,75 dan 132,83V serta 10detik.

*Kata kunci* : setting, proteksi, relay, generator, evaluasi, BCD 4 Project.

## **Abstract**

In the plan of PT. Petrochina International Jabung Ltd., 3 identical Gas Turbine Generators are used to serve as the electrical generator. Three Sales Gas Compression Motor 4,7 KW would be added to the plan to expand production. Because of the additional load, the name of plan was changed become BCD 4 Project. Due to additional load, the settings of generator protection relay should be evaluated by recalculating the relay setting BCD 4 Project standards. The calculation and design would be simulated by ETAP 12.6.0. Based on evaluation results, frequency relay is still eligible to use. However, there are several setting relays which are not feasible i.e. setting of differential relays. Slope 1 and 2 in differential relay were adjusted to 11,03 and 44,12A respectively. The current and time in overcurrent relay with voltage control were readjusted to 2,15A and 0,38second. Readjustment of instantaneous overcurrent relays were conducted to 18,75A and 0,15second. Definite time overcurrent relay also got resetting into 0,3A and 0,65second. Negative sequence relay was readjusted to 0,248A. Loss of excitation relay with diameter 1 and 2 were adjusted to 22 and 40 $\Omega$  with delay 0,5second. Overexcitation relay was also readjusted to 2,1V/Hz in 6seconds. Reverse power relay was adjusted to 1,02MW in 5second. Initial setting of voltage relay were adjusted into 97,75 and 132,83V with delay 10second.

*Keyword*: setting, protection, relays, generator, evaluation, BCD 4 Project.

## **1. Pendahuluan**

Listrik merupakan hal yang penting dalam kehidupan. Dalam sebuah industri besar, listrik adalah kebutuhan mutlak yang harus dipenuhi. Tidak jarang beberapa industri memilih membuat perencanaan pembangkitan listrik sendiri dengan menggunakan jasa EPC

(*Engineering, Procurement, and Construction*) agar pengeluaran akibat konsumsi listrik dapat ditekan dan pemasangan sistem kelistrikan dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Salah satu contohnya adalah PT. Petrochina International Jabung Ltd.

PT. Petrochina International Jabung Ltd. bergerak dalam bidang pertambangan minyak/gas. Dalam *plan* kelistrikan

perusahaan tersebut terdiri dari generator, trafo, motor dan peralatan lain yang harganya mahal. Dan setiap peralatan mempunyai sistem proteksinya masing-masing yang wajib ada dalam instalasi kelistrikan.

Pada *plan* tersebut terdapat 3 *Gas Turbine Generator* identik yang berfungsi sebagai pembangkit kelistrikan sistem. Untuk menambah produksi, maka akan ditambahkan *plan* menjadi *Betara Complex Development 4 Project (BCD 4 Project)*. Dengan penambahan *plan* ini, *setting* proteksi *relay-relay* generator akan berubah sejalan dengan penambahan beban pada *plan* tersebut.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dibahas mengenai evaluasi *setting relay* proteksi generator untuk menyesuaikan dengan penambahan *BCD 4 Project* agar sistem kelistrikan generator bisa membangkitkan listrik setiap waktu dalam keadaan aman terhadap gangguan yang dapat merusak generator-generator tersebut.

Penelitian akan dilakukan dengan menghitung dan mengevaluasi *relay-relay* proteksi generator. *Software* ETAP 12.6.0 akan digunakan sebagai pemodelan diagram satu garis *plan* PT. Petrochina International Jabung Ltd. *BCD 4 Project* yang nantinya akan disimulasikan beberapa kondisi gangguan untuk mengetahui kesesuaian kerja *relay-relay* tersebut terhadap generator.

## 2. Metode

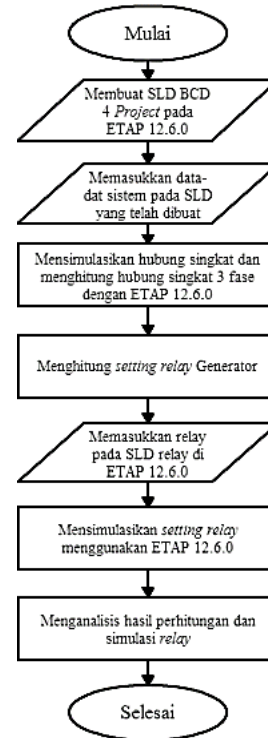
### 2.1 Langkah Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa metode yang diterapkan sebagai dasar metodologi penelitian dalam melakukan penelitian penelitian. Metodologi penelitian penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

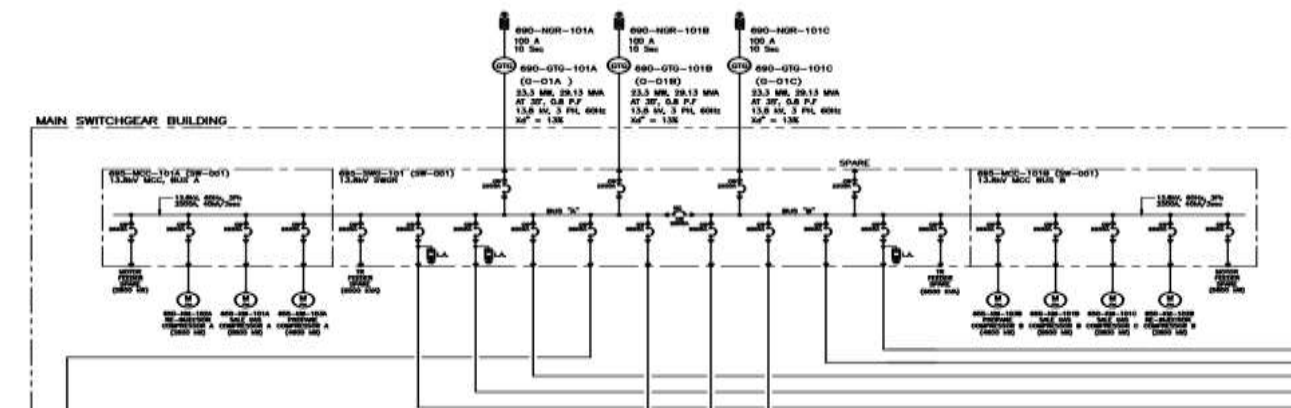
### 2.2 Data Sistem

Pada *plan* PT. Petrochina International Jabung Ltd. terdapat 3 unit generator menggunakan penggerak mula turbin uap seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Data yang digunakan untuk analisis ditunjukkan pada Tabel 1 - Tabel 4.



Gambar 1. Langkah penelitian evaluasi *setting relay* generator.



Gambar 2. Diagram Satu Garis *plan* PT. Pterochina International Jabung Ltd.

Tabel 1. Data generator

Generator	Kapasitas (MVA)	Faktor Daya (%)	Daya Operasi (MW)
GTG 101A	29,13	0,8	23,3
GTG 101B	29,13	0,8	23,3
GTG 101C	29,13	0,8	23,3
DEG 101	2,281	0,8	1,825
DG 002	0,625	0,8	0,5
DG 003	0,625	0,8	0,5
DG 004	0,5	0,85	0,425

Tabel 2. Impedansi generator

	(%)	(Ohm)
R	0,183	0,01196
X <sub>d</sub>	172	11,24536
X' <sub>d</sub>	22,2	1,45135
X'' <sub>d</sub>	13	0,84994
X <sub>2</sub>	13,7	0,89565
X <sub>0</sub>	8,4	0,54916
R <sub>2</sub>	0,193	0,01260
R <sub>0</sub>	0,118	0,00773

Tabel 3. Data relay pada generator

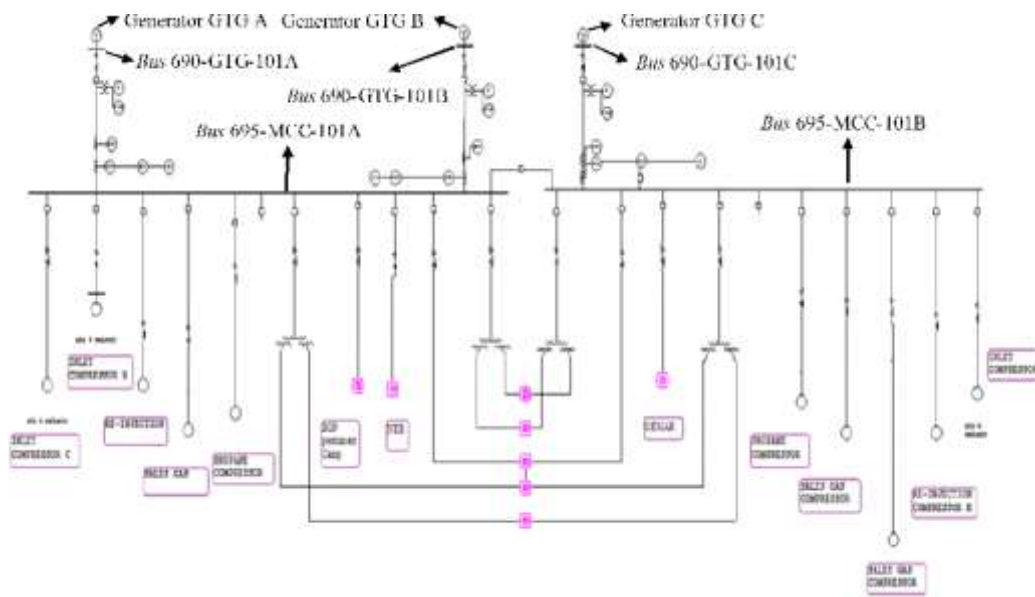
Feeder	Pabrik	Type	Jenis Relay	Curve
		SEPAM-		
	MERLIN	1000	OCR/GFR	DT
	GERIN	CT	(50/51)	
		1500/5		
	GENERAL	GE	OCR dengan	
	ELECTRIC	Multilin	Voltage Control	EIT
		G60	(51V)	
		CT	Instantaneous OCR	-
INCOMIN		2000/5	(50G)	
G			Negative Sequence	-
GENERATOR			(46)	
OR GTG			Under/Overtoltage	DT
A, GTG B,			(27/59)	
dan GTG			Over/Loss of	
C			Excitation	DT
			(24/40)	
			Reverse Power (32)	-
			Under/Overtfrequency	-
			(81 U/O)	
			Differential	-
			Generator (87G)	

Tabel 4. Data teknis kabel Generator

ID Kabel	Size	Panjang	Z <sub>1</sub>	
			R	X
	mm <sup>2</sup>	m	Ohm/km	Ohm/km
HV-01-690-GTG-101A	185	175	13,8	0,128
HV-01-690-GTG-101B	185	175	13,8	0,128
HV-01-690-GTG-101C	185	175	13,8	0,128

### 2.3. Pemodelan

Berdasarkan pada diagram satu garis *plan* PT. Petrochina International Jabung Ltd. maka dapat dibuat pemodelan diagram satu garis menggunakan program ETAP 12.6.0 seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemodelan Diagram Satu Garis plan PT. Petrochina International Jabung Ltd. dengan ETAP 12.6.0

### 3. Hasil dan Analisa

#### 3.1. Simulasi Arus Gangguan Hubung Singkat ETAP 12.6.0

Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi arus gangguan hubung singkat menggunakan *software* ETAP 12.6.0 pada bus generator seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil simulasi arus gangguan hubung singkat

**Short Circuit Summary Report**

30 Cycle - 3-Phase, LG, LL, & LLG Fault Currents  
 Prefault Voltage = 100 % of the Bus Nominal Voltage

Bus ID	kV	LLL		LG		LL		*LLG	
		Mag.	Mag.	Mag.	Mag.	Mag.	Mag.	Mag.	Mag.
695-MCC-101A	13.80	16.428	0.300	17.585	17.643				
695-MCC-101B	13.80	16.428	0.300	17.585	17.643				
Bus-690-GTG-101A	13.80	16.391	0.300	17.536	17.593				
Bus-690-GTG-101B	13.80	16.391	0.300	17.536	17.593				
Bus-690-GTG-101C	13.80	16.391	0.300	17.536	17.593				

All fault currents are symmetrical momentary (30 Cycle network) values in rms kA

\* LLG fault current is the larger of the two faulted line currents

#### 3.2. Perhitungan Setting Relay

##### 3.2.1. Relay Diferensial (87G)

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 CT1 (A).

$I_s$  = Arus hubung singkat sekunder CT 2(A).

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

Slope 1 = 25%

Slope 2 = 100%

Tabel 6. Hasil perhitungan *setting relay* diferensial

Keterangan	GTG A	GTG B	GTG C
$I_{nominal}$ (A)	1219	1219	1219
$I_{150\%}$ (A)	1828,5	1828,5	1828,5
CT1 (A)	2000 / 5	2000 / 5	2000 / 5
CT2 (A)	2000 / 5	2000 / 5	2000 / 5
$I_{CT1/CT2}$ (A)	44,105	44,105	44,105
$I_r$ (A)	44,105	44,105	44,105
$I_{setting \text{ gangguan dalam}}$ (A)	11,03	11,03	11,03
$I_{setting \text{ gangguan luar}}$ (A)	44,11	44,11	44,11
Waktu operasi (detik)	0,15	0,15	0,15

##### 3.2.2. Relay Daya Balik (32)

Hasil perhitungan *setting relay* daya balik dapat dilihat pada Tabel 7 menggunakan Persamaan 3.

$$P_{m \text{ sekunder}} = \frac{P_{m \text{ primer}}}{(rasio CT) \times (rasio PT)} \quad (3)$$

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 7. Hasil perhitungan *setting relay* daya balik

Keterangan	GTG A	GTG B	GTG C
Arus beban penuh (A)	1219	1219	1219
Rasio CT (A)	2000 / 5	2000 / 5	2000 / 5
Rasio PT (V)	14400 / 120	14400 / 120	14400 / 120
Daya balik primer (MW)	1,02	1,02	1,02
Daya balik sekunder (Watt)	21,25	21,25	21,25
Time delay (detik)	5	5	5

3.2.3. Relay Arus Lebih (50/51)

Hasil perhitungan setting relay arus lebih dapat dilihat pada Tabel 8 menggunakan Persamaan 4, 5, dan 6.

$$t = \frac{TD}{7} \left( \frac{A}{\left( \frac{I_f}{\text{Pickup} \times \text{Pickup reduction}} \right)^P + B} \right) \quad (4)$$

Keterangan :

Berdasarkan North American Standard IEEE Extremely Invers

t = waktu operasi relay (detik)

TD = Time dial (detik)

A = 28,2 (konstanta)

P = 2 (konstanta)

B = 0,1217 (konstanta)

$I_{set}$  instantaneous overcurrent =  $1,3 \times I_{inrush GT}$  (5)

$I_{set} GFR = 30\% \times I_{faultmin}$  (6)

Tabel 8. Hasil perhitungan setting relay arus lebih

Keterangan	GTG A	GTG B	GTG C
Arus nominal (A)	1219	1219	1219
$I_{pickup}$ CT (pu)	0,914	0,914	0,914
Pickup Reduction (pu)	0,168	0,168	0,168
Toperasi (detik)	0,75	0,75	0,75
TD (detik)	0,38	0,38	0,38
Pickup range	0,43	0,43	0,43
$I_{set}$ instantaneous overcurrent (A)	7500	7500	7500
Tap inst. overcurrent (A)	18,75	18,75	18,75
Time delay inst. (detik)	0,15	0,15	0,15
$I_{set}$ GFR(A)	90	90	90
Tap GFR (A)	0,3	0,3	0,3
Time Dial (detik)	0,65	0,65	0,65

3.2.4. Relay Urutan Negatif (46)

Hasil perhitungan setting relay urutan negatif dapat dilihat pada Tabel 9 menggunakan Persamaan 7.

$$I_{2pu}^2 \times t = K \quad (7)$$

dimana

$I_{2pu}$  : Arus urutan negatif dalam pu.

t : Waktu operasi relay urutan negatif (detik).

K : Konstanta thermal.

Tabel 9. Hasil perhitungan setting relay urutan negatif

Keterangan	Unit A	Unit B	Unit C
Arus nominal (A)	1219	1219	1219
Rasio CT (A)	2000:5	2000:5	2000:5
Arus pada relay (A)	3,05	3,05	3,05
Tap Switch (A)	3,1	3,1	3,1
$I_2$ relay (A)	0,248	0,248	0,248
$I_2$ relay (pu)	0,08	0,08	0,08
waktu operasi relay (detik)	1000	1000	1000

3.2.5. Relay Hilangnya Eksitasi (40)

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

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

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

$$\text{Diameter 1} = 1 \text{ pu} \quad (10)$$

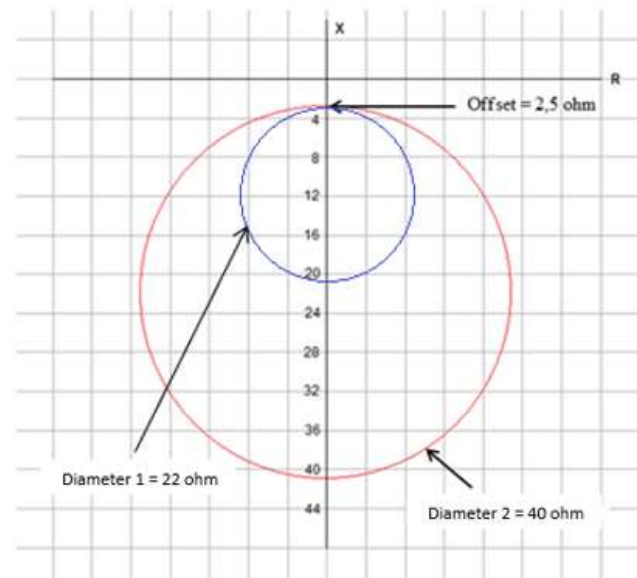
$$\text{Diameter 2} = X_d \quad (10)$$

dimana

1pu :  $Z_{base}$  generator ( $\Omega$ )

Diameter 1 : Diameter lingkaran kecil ( $\Omega$ )

Diameter 2 : Diameter lingkaran besar ( $\Omega$ )



Gambar 4. Diagram karakteristik relay hilangnya eksitasi generator GTG A

Tabel 10. Hasil perhitungan setting relay hilangnya eksitasi

Keterangan	GTG A	GTG B	GTG C
$Z_{base}$ sekunder ( $\Omega$ )	21,792	21,792	21,792
$X'_d$ sekunder ( $\Omega$ )	5,38	5,38	5,38
$X_d$ sekunder ( $\Omega$ )	40,1	40,1	40,1
1 pu ( $\Omega$ )	21,792	21,792	21,792
Offset Tap	H Tap ( $\Omega$ )	2,5	2,5
	L Tap ( $\Omega$ )	0	0
Diameter 1 ( $\Omega$ )	22	22	22
Diameter 2 ( $\Omega$ )	40	40	40

3.2.6. Relay Eksitasi Lebih (24)

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

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

Tabel 11. Hasil perhitungan *setting relay* eksitasi lebih

Keterangan	GTG A	GTG B	GTG C
Rasio PT (V)	14400/120	14400/120	14400/120
Tegangan relay (V)	115	115	115
V/Hz nominal (V/Hz)	1,9	1,9	1,9
V/Hz time trip pickup (V/Hz)	2,1	2,1	2,1
Waktu operasi (detik)	6	6	6

### 3.2.7. Relay Frekuensi (81)

Pada penelitian ini tidak dilakukan perhitungan *setting relay* frekuensi, tetapi relay ini akan dianalisis apakah settingnya sesuai dengan SPLN. Setting relay frekuensi yang terpasang pada generator A, B, dan C ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Setting relay frekuensi generator

Setelan	Underfrequency	Overfrequency
$F_{pickup}$ Alarm (Hz)	58,2	61,8
Waktu tunda 1(detik)	30	30
$F_{pickup}$ Trip (Hz)	57,6	62,4
Waktu tunda 2(detik)	5	5

Berdasarkan Tabel diatas pada *setting under frequency* memiliki  $F_{pickup}$  Alarm sebesar 58,2 Hz (-3%) dengan *time delay* 30 detik dan  $F_{pickup}$  Trip sebesar 57,6 Hz (-4%) dengan *time delay* 5 detik sedangkan pada *setting over frequency* memiliki  $F_{pickup}$  Alarm sebesar 61,8 Hz (+3%) dengan *time delay* 30 detik dan  $F_{pickup}$  Trip sebesar 62,4 Hz (+4%) dengan *time delay* 5 detik. Waktu *trip* dipilih untuk mengantisipasi adanya guncangan beban atau kerja paralel generator.

### 3.2.8. Relay Tegangan (27/59)

$$Tegangan Sisi Sekunder = \frac{Tegangan Nominal}{(PT Ratio)} \quad (12)$$

$$OVR = 105\% \times 110\% \times V_{sekunder} \quad (13)$$

$$UVR = 85\% \times 115 V_{sekunder} \quad (14)$$

Untuk *undervoltage relay* menurut IEEE Standard C37.102 – IEEE Guide for AC Generator Protection [12], tidak menyarankan *relay 27* untuk mentriplan peralatan, tapi hanya memberikan *alarm* untuk memberitahukan operator agar mengambil tindakan. Perhitungan *relay* akan sesuai persamaan 12,13, dan 14. Waktu tunda minimal 10 detik dan akan mengaktifkan *alarm*.

Tabel 13. Setting relay frekuensi generator

Setelan	Undervoltage	Overvoltage
$V_{pickup}$ Alarm (V)	97,75	132,83
Waktu tunda (detik)	10	10

### 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 14 berikut.

Tabel 14. Perbandingan *setting relay* proteksi antara eksisting dan hasil perhitungan

Uraian	Incoming GTG A,B, dan C	
	Existing	Hasil Perhitungan
Relay diferensial (87G)		
% Slope gangguan didalam (%)	10	25
$I_{setting}$ gangguan didalam (A)	5,75	11,03
% Slope gangguan diluar (%)	80	100
$I_{setting}$ gangguan diluar (A)	25	44,11
Waktu Operasi (detik)	0,15	0,15
Relay arus lebih dengan voltage control (51V)		
$I_{setting}$ range (A)	4,57	2,15
TD (detik)	2,67	0,38
ETAP pickup range	0,914	0,43
ETAP time dial	2,67	0,38
Relay gangguan tanah instantaneous (50G)		
$I_{setting}$ (A)	0,225	18,75
Waktu tunda (detik)	5	0,15
ETAP pickup range	0,045	3,74
ETAP time dial	5	5
Relay gangguan tanah Definite Time (51N)		
$I_{setting}$ (A)	0,41	0,3
Time Dial (detik)	0,5	0,65
ETAP pickup range	0,082	0,06
ETAP time dial	0,5	0,65
Relay urutan negatif (46)		
Setting $I_2$ (A)	3,05	0,248
Waktu operasi maksimal relay (detik)	1000	1000
ETAP pickup range	0,61	0,0496
ETAP minimum time dial	0,1	0,1
Relay hilangnya eksitasi (40)		
Offset tap ( $\Omega$ )		
Tap high	-	2,5
Tap low	-	0
Diameter 1 ( $\Omega$ )	18,74	22
Diameter 2 ( $\Omega$ )	21,16	40
Waktu tunda (detik)	0,3	0,5
Relay eksitasi lebih (24)		
V/Hz time trip pickup (V/Hz)	1,18	2,1
Waktu operasi (detik)	4	6
Relay daya balik (32)		
Daya balik (MW)	1,025	1,02
Time delay (detik)	5	5
ETAP pickup range (%)	+/- 4	+/- 4
ETAP time delay (detik)	5	5
Relay frekuensi (81)		
Underfrequency		
$F_{pickup}$ (Hz)	58,2	58,2
Time delay (detik)	30	30
ETAP pickup range (%)	97	97
ETAP time delay (detik)	30	30
Overfrequency		
$F_{pickup}$ (Hz)	-	61,8
Time delay (detik)	-	30
ETAP pickup range (%)	-	103
ETAP time delay (detik)	-	30

Relay tegangan Undervoltage (27P)		
$V_{pickup}$ (V)	86,25	97,75
Time delay (detik)	3	10
ETAP pickup range (%)	75	85
ETAP time delay (detik)	3	10
Overvoltage (59P)		
$V_{pickup}$ (V)	138	132,83
Time delay (detik)	3	10
ETAP pickup range (%)	120	115,5
ETAP time delay (detik)	3	10

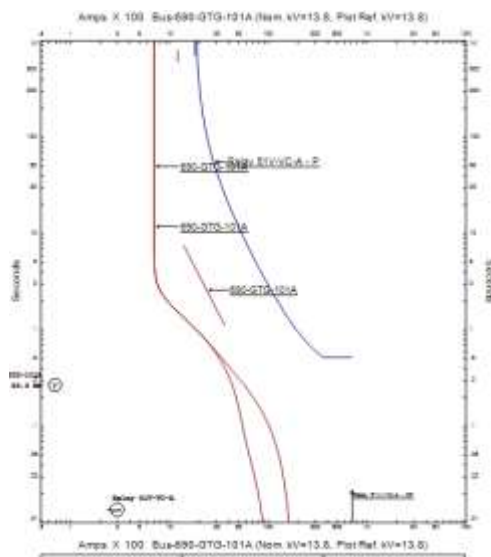
Berdasarkan rekapitulasi hasil perhitungan pada Tabel 14 diatas dapat kita lihat bahwa *setting relay* proteksi generator di *plan* PT. Petrochina International Jabung Ltd. antara *existing* dan hasil perhitungan rata-rata berbeda, kecuali pada *under frequency relay*.

### 3.3.1. Perbedaan pada Relay 87G

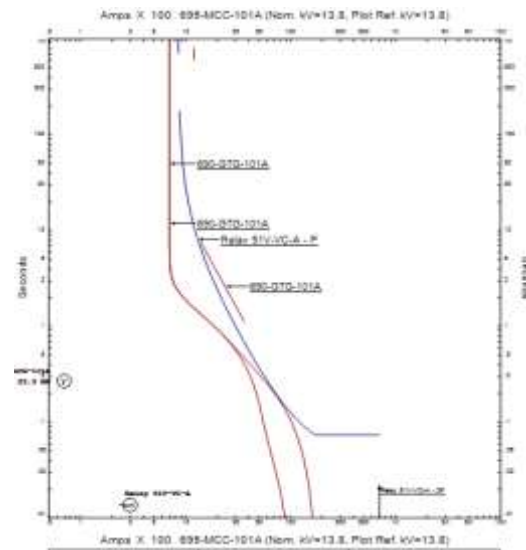
Pada *relay* diferensial generator dapat dilihat bahwa *range* pada data *existing* lebih sempit. Dan nilai dengan standar yang diberikan untuk *plan* tersebut seharusnya 25% untuk gangguan dalam generator dan 100% untuk gangguan diluar generator. Hal ini dapat menyebabkan *relay* mudah *trip* ketika menghadapi lonjakan arus yang belum memasuki kategori gangguan. Sehingga kerja generator untuk membangkitkan listrik akan terhenti.

### 3.3.2. Perbedaan pada Relay 51V

Pada *relay 51V setting time dial* terlalu lama yaitu 2,67 detik dan arus *pickup* 0,914 pu yang mengakibatkan kurva *setting* arus melewati kurva kerusakan generator. Hal ini dapat menyebabkan *relay* tidak dapat mengisolasi gangguan untuk mengamankan generator. Ketika diamankan, maka generator sudah rusak. Berbeda dengan hasil perhitungan dengan *time dial* 0,38 detik dan *pickup* 0,43 pu. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat grafik perbandingan pada Gambar 5.



(a)



(b)

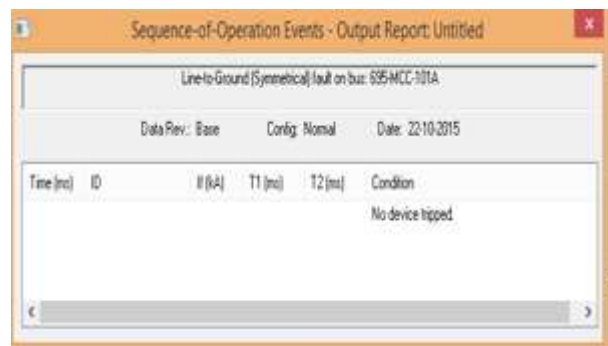
Gambar 5. (a) Kurva Relay 51V Existing (b) Kurva Relay 51V Hasil Perhitungan

### 3.3.3. Perbedaan pada Relay 50G

Nilai arus *pickup relay* 50G pada *existing* jauh lebih kecil dibandingkan hasil perhitungan. Waktu kerjanya juga terlalu lama. Hal ini tidak sesuai SPLN 52-1-1984, yang menyatakan waktu kerja *relay* maksimal yang bekerja tanpa waktu tunda adalah 150 ms. Sedangkan untuk *relay 50G existing* diberikan waktu 5 detik.

### 3.3.4. Perbedaan pada Relay 51N

Nilai *pickup* dari data *existing* dan hasil perhitungan sedikit berbeda. Pada data *existing* untuk arus gangguan 1 fase ke tanah tidak dapat terdeteksi oleh *relay 51N* karena nilai arus *pickup* yang terlalu besar, sedangkan pada hasil perhitungan dengan nilai *pickup* yang lebih kecil dapat mendeteksi gangguan tersebut. Perbandingannya dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7 berikut.



(a)



Sequence-of-Operation Events - Output Report: Untitled

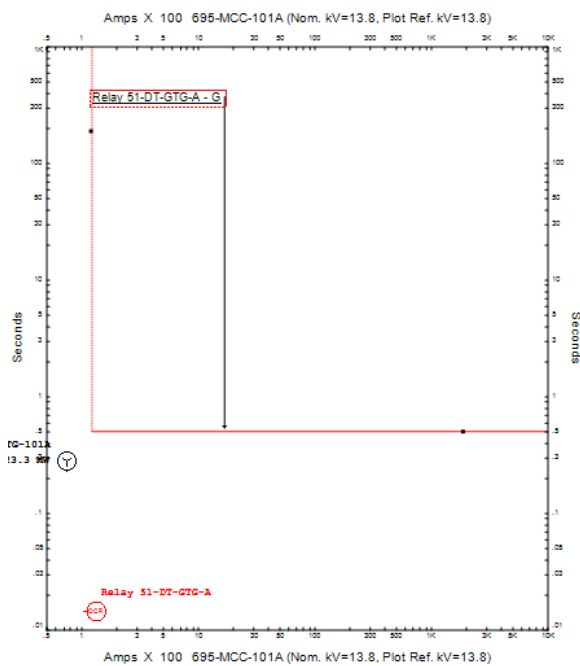
Line-to-Ground (Symmetrical) fault on bus: 695MCC-101A

Date Rev: Base    Config: Normal    Date: 22-11-2015

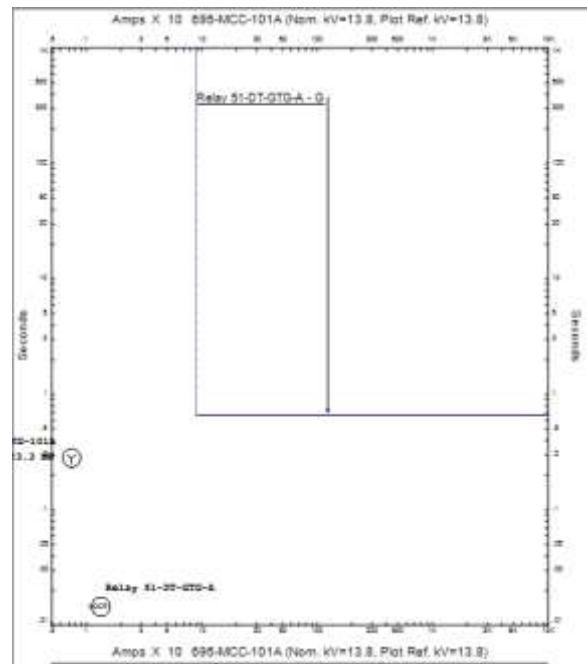
Time (ms)	ID	I1 (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
650	Relay 51-DT-GTG-A	0.1	650		Ground - OC1 - 51
650	Relay 51-DT-GTG-B	0.1	650		Ground - OC1 - 51
650	Relay 51-DT-GTG-C	0.1	650		Ground - OC1 - 51
715	695MCC-101A-52A		65.0		Tripped by Relay 51-DT-GTG-A Ground - OC1 - 51
715	695MCC-101A-52B		65.0		Tripped by Relay 51-DT-GTG-B Ground - OC1 - 51
715	695MCC-101A-52C		65.0		Tripped by Relay 51-DT-GTG-C Ground - OC1 - 51

(b)

Gambar 6. (a) Operasi Relay 51N Existing (b) Kurva Relay 51N Hasil Perhitungan



(a)

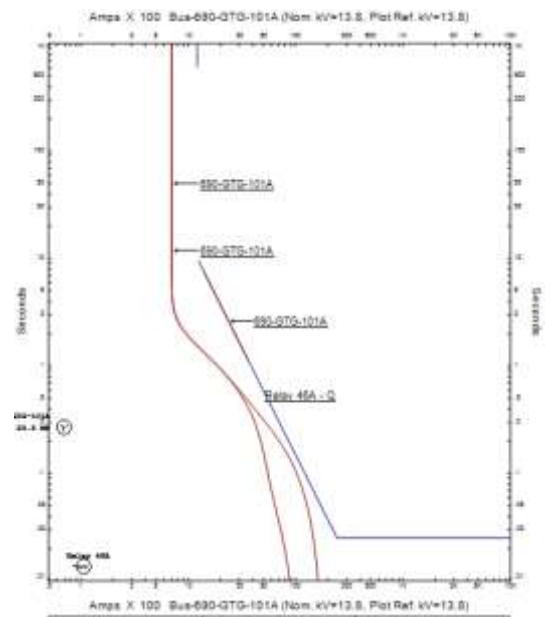


(b)

Gambar 7. (a) Kurva Relay 51N Existing (b) Kurva Relay 51N Hasil Perhitungan

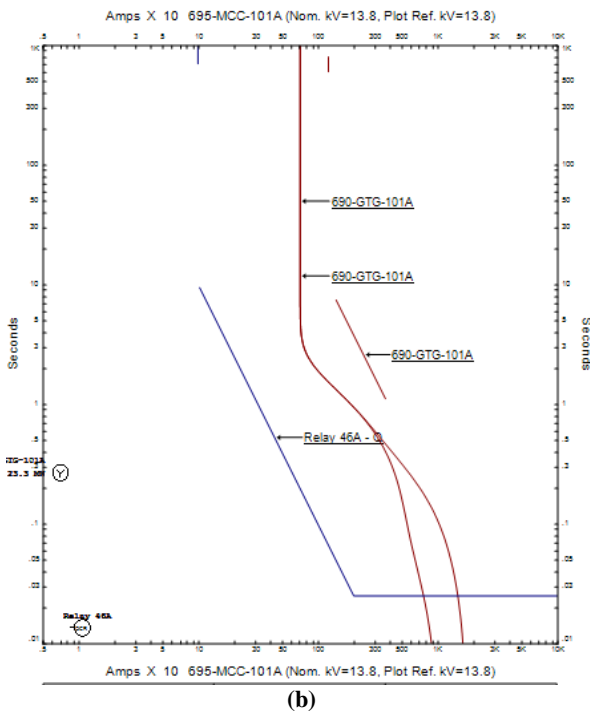
### 3.3.5. Perbedaan pada Relay 46

Nilai *pickup relay* 46 pada data *existing* tidak sesuai dengan standar IEEE C37.102-1995 yaitu 0,61 pu. *Setting* data *existing* hanya didasarkan pada arus nominal generator, bukan dari jenis rotor yang dipakai oleh generator. Sedangkan *setting* hasil perhitungan sudah sesuai standar tersebut dengan nilai 0,08 pu. Perbandingannya dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



(a)





Gambar 8. (a) Kurva Relay 46 Existing (b) Kurva Relay 46 Hasil Perhitungan

### 3.3.6. Perbedaan pada Relay 40

Waktu tunda relay 40 pada data existing lebih kecil, yaitu 0,3 detik. Sedangkan pada hasil perhitungan sesuai standar IEEE C37.102-1987, relay hilangnya eksitasi ini disetting dengan waktu tunda 0,5-0,6 detik. Jadi, dapat disimpulkan bahwa setting waktu tunda pada relay 40 berdasarkan data existing tidak memenuhi standar IEEE C37.102-1987.

### 3.3.7. Perbedaan pada Relay 24

Nilai pickup untuk relay 24 pada data existing sangat kecil yaitu 1,18 V/Hz dengan waktu operasi 4 detik. Hal ini tidak sesuai hasil perhitungan yang disesuaikan Standar IEEE C37.102-1987, V/Hz relay eksitasi lebih disetting 110% dari V/Hz nominal. Dan berdasarkan Standar IEEE C37.102-1987, waktu kerja relay eksitasi lebih adalah 6 detik. Jadi, dapat disimpulkan bahwa setting relay pada data existing kurang sesuai dan tidak memenuhi Standar IEEE C37.102-1987.

### 3.3.8. Perbedaan pada Relay 32

Nilai pickup untuk Relay 32 pada data existing lebih besar dibanding Standar IEEE C37.102-1987, yaitu 4,4% atau 1,025 MW dengan waktu tunda 5 detik. Nilai ini berbeda dengan hasil perhitungan sesuai standar yang telah disebutkan yaitu 3% atau 0,699 MW dengan waktu tunda maksimal 30 detik untuk mengantisipasi operasi relay selama ayunan daya yang disebabkan gangguan sistem.

### 3.3.9. Perbedaan pada Relay 27/59

Nilai pickup tegangan dan waktu tunda dari relay ini tidak sesuai dengan Standar IEEE C37.102 dan NERC Nort America yang seharusnya disetting 85% untuk Undervoltage dan 105% untuk Overvoltage dengan waktu tunda minimal 10 detik untuk mengantisipasi ayunan daya pada sistem.

Namun kenyataannya pada setting existing, waktu tunda trip hanya 3 detik. Hal ini bisa mengakibatkan relay trip ketika ada ayunan daya generator. Jadi, dapat disimpulkan nilai existing tidak sesuai dengan standar tersebut.

## 3.4. Rekapitulasi Hasil Simulasi

Rekapitulasi hasil simulasi relay proteksi generator disajikan dalam Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Simulasi Relay Proteksi GTG A, B, dan C

Gangguan	Bus	Waktu operasi (detik)		
		Relay 46	Relay 51V/N	Relay 27
$I_{\text{fault}}$ 3 fase	695-MCC-101A	-	0,382	10,065
	690-GTG-101A	-	0,178 ; 0,385	10,065
$I_{\text{fault}}$ 2 fase	695-MCC-101A	0,09	0,347	10,065
	690-GTG-101A	0,09	0,170 ; 0,350	10,065
$I_{\text{fault}}$ 2 fase ketanah	695-MCC-101A	0,09	0,345	10,065
	690-GTG-101A	0,09	0,170 ; 0,348	10,065
$I_{\text{fault}}$ 1 fase ketanah	695-MCC-101A	-	0,715	-
	690-GTG-101A	-	0,715	-

Berdasarkan Tabel 15 diatas, urutan waktu kerja atau koordinasi relay proteksi generator di plan PT. Petrochina International Jabung Ltd. sudah sesuai, dimana relay urutan negatif sebagai relay proteksi utama bekerja lebih cepat dari pada relay proteksi yang lain dengan waktu operasi sebesar 0,09 detik.

Berdasarkan Tabel 14 dan 15 setelah dilakukan evaluasi setting relay proteksi diperoleh hasil setting yang sesuai dengan standar IEEE C37.102-1987. Sedangkan perbedaan-perbedaan setting relay antara data existing dan perhitungan evaluasi disebabkan oleh beban yang berbeda. Yaitu, pada data existing merupakan data setting relay untuk BCD 3 Project, namun pada hasil evaluasi perhitungan setting telah disesuaikan dengan penambahan beban menjadi BCD 4 Project. Selain itu, standard setting relay yang digunakan oleh perusahaan dengan perhitungan dalam karya tulis ini juga berbeda.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi, relay frekuensi masih layak digunakan. Namun ada beberapa setting yang tidak sesuai, yaitu pada setting relay diferensial. Slope 1 dan 2

pada *relay* diferensial disesuaikan dari 5,75 dan 25 A, menjadi 11,03 dan 44,12 A. Arus *setting* dan *time dial* pada *relay* arus lebih dengan *voltage control* disesuaikan dari 4,57 A dan 2,67 detik, menjadi 2,15 A dan 0,38 detik. Arus *setting* dan waktu tunda *relay* arus lebih *instantaneous* disesuaikan dari 0,225 A dan 5 detik, menjadi 18,75 A dan 0,15 detik. Arus *setting* dan *time dial relay* arus lebih *definite time* disesuaikan dari 0,41 A dan 0,5 detik, menjadi 0,3 A dan 0,65 detik. Arus urutan negatif pada *relay* urutan negatif disesuaikan dari 3,05 A, menjadi 0,248 A. Diameter 1 dan 2 serta waktu tunda pada *relay* hilang eksitasi disesuaikan dari 18,74 dan 21,16  $\Omega$  serta 0,3 detik, menjadi 22 dan 40  $\Omega$  serta 0,5 detik. *Setting trip* dan waktu operasi pada *relay* eksitasi lebih disesuaikan dari 1,18 V/Hz dan 4 detik, menjadi 2,1 V/Hz dan 6 detik. Daya balik dan waktu tunda *relay* daya balik disesuaikan dari 1,025 MW dan 5 detik, menjadi 1,02 MW dan 5 detik. Tegangan *pickup* bawah dan atas serta waktu tunda *relay* tegangan disesuaikan dari 86,25 dan 138 V serta 3 detik, menjadi 97,75 dan 132,83 V serta 10 detik.

## 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]. Maria Oktavia Fitriani, "Evaluasi Setting Relay Generator dan Trafo Generator di PLTGU Tambak Lorok Blok 1", Skripsi, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia, 2015.
- [9]. Mery Seksio Kardila, Yulisman dan Budi Santosa, "Sistem Proteksi Pembangkit Jenis Rele Daya Balik (Reverse Power Relay/32),".
- [10]. Meyga Pranata Juanda, "Evaluasi Setting Rele Arus Lebih (OCR) pada Beban Motor dan Generator 13,8 Kv Di Plant PT Petrochina International Jabung Ltd. Betara Complex Development dengan Menggunakan Simulasi ETAP 12.6.0", Skripsi, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia, 2015.
- [11]. *Pola Pengaman Sistem Bagian satu: B. Sistem Transmisi 150 kV*, Standar PLN 52-1, 1984.
- [12]. Prima Hotlan Kristianto, "Evaluasi Kinerja Rele Arus Lebih Pada generator," skripsi, Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia, 2009.
- [13]. *Relai Proteksi Peralatan Pembangkit*, PLN Pusat Pendidikan dan Pelatihan.
- [14]. 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.