

## Penyetingan Loss Of Field Relay Proteksi Generator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air

Samsurizal<sup>1</sup>; Dedi Kurniawan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik - PLN, Jakarta Barat, DKI Jakarta.

### Informasi Artikel

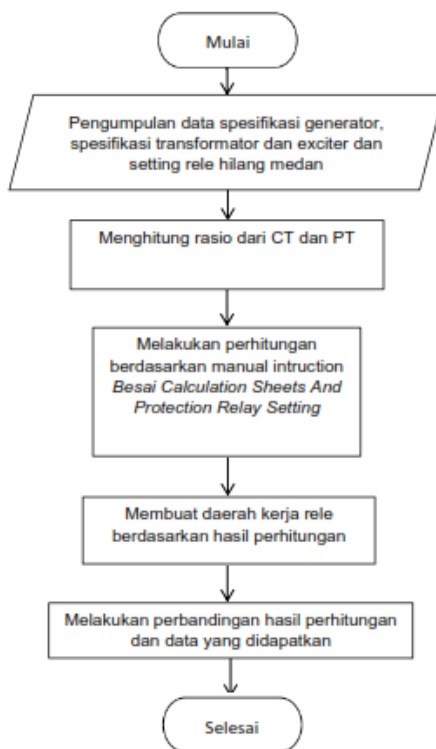
Naskah Diterima : 15 Oktober 2019

Direvisi : 06 Desember 2019

Disetujui : 20 Desember 2019

\*Korespondensi Penulis :  
samsurizal@sttpln.ac.id

### Graphical abstract



### Abstract

Hydroelectric generators require stability of the voltage generated. When excitation the generator voltage drops will be lower than the terminal voltage so the engine will work on the power factor One disturbance that occurs in synchronous generator is interference with loss of excitation field. This disruption occurs when the generator excitation current is lost due to damage to the excitation system, while the generator is still connected to the electrical grid, causing the reactive power generated by the generator to be reduced or even lost so that the generator will draw reactive power from the electrical network system and act as an induction generator. To release the impact needed by the protection system one of them with the Mho offset release. In this study, using 2 protection zones, namely zone 1 and zone 2. For zone 1, the removal of excitation at a value of 1 pu with a delay time of 0.5 seconds, while for zone 2 the excitation fails occurred at a value of 2,140 pu with a delay time of 2.0 seconds, while the Mho offset value released in zone 1 and zone 2 will work at a value setting of 0.122 pu with a delay time of 0.5 seconds

**Keywords:** Protection, Synchronous generator, Protection Zone, Excitation

### Abstrak

Dalam pengoperasian PLTA generator membutuhkan kestabilan dari tegangan yang dihasilkan. Saat eksitasi melemah tegangan fasa dari generator akan lebih rendah dari tegangan terminal sehingga mesin akan berkerja pada faktor daya. Salah satu gangguan yang terjadi pada generator sinkron adalah gangguan hilangnya medan eksitasi, gangguan ini terjadi saat arus eksitasi generator hilang akibat adanya kerusakan pada sistem eksitasi, sedangkan generator masih terhubung dengan jala-jala kelistrikan, menyebabkan daya reaktif yang dihasilkan generator berkurang bahkan hilang sehingga generator akan menarik daya reaktif dari sistem jaringan listrik dan bertindak sebagai generator induksi. Untuk mengantisipasi dampak gangguan tersebut diperlukan suatu sistem proteksi salah satunya dengan rele offset Mho. Pada penelitian ini menggunakan 2 zona proteksi yaitu zona 1 dan zona 2. Untuk zona 1 kegagalan eksitasi pada nilai 1 pu dengan waktu tunda 0,5 detik, sedangkan untuk zona 2 kegagalan eksitasi terjadi pada nilai 2,140 pu dengan waktu tunda 2,0 detik, sedangkan nilai offset Mho rele pada zona 1 dan zona 2 akan bekerja pada nilai setting 0,122 pu dengan waktu tunda 0,5 detik.

**Kata kunci:** Proteksi, Generator Sinkron, Zona Proteksi, Eksitasi

© 2019 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan kemajuan dan perkembangan zaman, energi listrik merupakan kebutuhan yang tidak dapat dilepaskan dalam kehidupan sehari-hari untuk meningkatkan mutu dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Umumnya daerah pedesaan yang terletak pada daerah pegunungan memiliki potensi energi air yang besar.

Jenis pembangkit listrik yang cocok untuk daerah pegunungan adalah PLTA sebagai pembangkit energi yang *cost friendly*, *user friendly*, *environment friendly*, dan *material friendly*. Dalam pengoperasian PLTA generator membutuhkan kestabilan dari tegangan yang dihasilkan. Saat eksitasi melemah tegangan fasa dari generator akan lebih rendah dari tegangan terminal sehingga mesin akan bekerja pada faktor daya *leading*. Eksitasi yang melemah menyebabkan generator berputar pada kecepatan konstan diatas kecepatan sinkron dan bekerja sebagai generator induksi. Hal ini akan berpengaruh pada kestabilan sistem karena generator yang kehilangan eksitasinya akan menarik daya reaktif (VAR) dari sistem.

Untuk mendeteksi adanya hilang penguatan pada generator dapat digunakan berbagai macam rele proteksi seperti Rele Arus Kurang (*Under Current Relay*) dan Rele Jarak (*Distance Relay*). Rele jarak yang paling banyak digunakan adalah Mho Rele. Hal itu dikarenakan Mho rele mempunyai karakteristik yang paling cocok untuk digunakan sebagai proteksi hilang penguat. Dalam penggunaan Mho Rele sebagai proteksi hilang penguat permasalahan mendasar yang dapat ditemukan adalah apakah setting dari rele sudah dapat meng-kover daerah proteksi yang dibutuhkan.

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait Pengaruh Gangguan Terhadap Transformator, dijadikan sebagai acuan (referensi), hal ini dilakukan bertujuan untuk menentukan batasan-batasan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini.

Pada penelitian Edi Subeno [1] tentang penyettingan rele *loss of field*. Dalam penelitian tersebut terdapat kesimpulan diperbesar jangkauan relenya untuk mendapatkan daerah kerja rele yang lebih besar dan proteksi yang lebih baik. Penulis membahas analisa tentang perhitungan setting untuk Mho rele yang digunakan sebagai proteksi terhadap adanya gangguan hilang medan penguat pada generator serta daerah proteksi yang dapat dijangkau oleh Mho rele tersebut. Setting rele proteksi hilang medan penguat kemudian dibandingkan dengan respon generator saat mengalami gangguan hilang penguat, dengan demikian dapat diketahui apakah setting rele proteksi hilang medan penguat yang digunakan sudah tepat untuk mengatasi adanya gangguan hilang medan penguat pada generator.

Sedangkan Andri Hendrianto [2] penelitian berjudul Rele Hilang Medan (*Loss of Field Relay*) Sebagai Proteksi Hilang Penguatan Generator Unit I pada PLTA Sutami. Disimpulkan bahwa dari hasil perhitungan karakteristik setting rele didapat perbedaan besarnya setting, pada perhitungan menggunakan setting offset. Berdasarkan analisis pengujian rele berdasarkan sampel pengujian didapat nilai impedansi pada pengujian tersebut berada di dalam lingkaran impedansi sehingga rele dapat dinyatakan baik dan masih layak untuk bekerja.

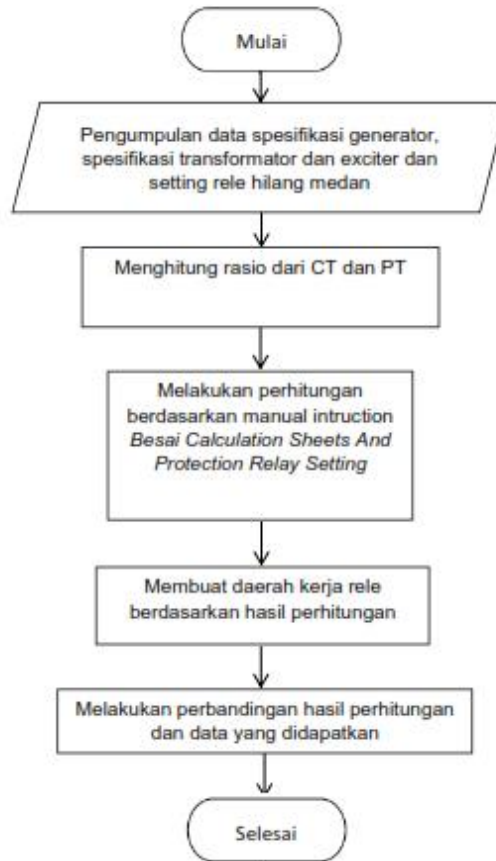
## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu observasi. Dimana peneliti melakukan pengamatan langsung terhadap objek yang diteliti untuk mengetahui kondisi yang sebenarnya. Dalam hal ini, pengamatan akan dilakukan pada PT PLN Sektor Pembangkitan Bandar Lampung Unit PLTA Besai.

### 2.2. Diagram Alir Penelitian

Untuk mempermudah pemahaman yang dilakukan di dalam penelitian, maka digunakan *flow chart* seperti ditunjukkan gambar 1:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Rele Hilang Medan

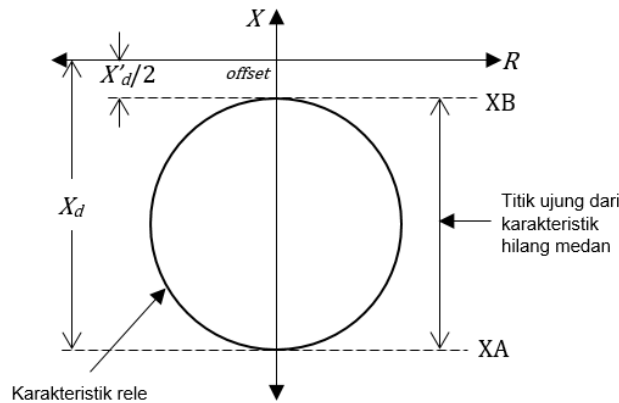
Relai hilang medan berfungsi sebagai pengaman generator jika terjadi hilangnya medan generator yang diindikasikan dengan penyerapan daya reaktif yang berlebihan dari jaringan. Relai yang biasa digunakan untuk mendeteksi hilangnya medan adalah relai *offset* mho atau reaktansi minimum. Relai hilang medan merupakan Relai *offset* mho atau reaktansi minimum dengan karakteristik mendeteksi admitansi beban. Dengan sedikit modifikasi sehingga digunakan untuk mendeteksi hilang medan. Admitansi merupakan kebalikan dari impedansi seperti yang ditunjukkan oleh persamaan berikut:

$$Y = \frac{1}{Z} = \frac{1}{R+jX} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana Y adalah Admitansi (ohm) dan Z adalah Impedansi (ohm) sedangkan R adalah Resistansi (ohm) dan X adalah Reaktansi (ohm). Grafik karakteristik dari relai mho berupa diagram admitansi berbentuk garis lurus. Namun untuk relai hilang medan digunakan karakteristik impedansi. Sehingga apabila diagram admitansi ditransformasikan ke diagram impedansi akan berupa lingkaran. Diagram impedansi yang berbentuk lingkaran ini selanjutnya disebut sebagai daerah kerja dari relai hilang medan yang berada pada diagram R-X. Jadi relai hilang medan memiliki daerah kerja yang berbentuk lingkaran. Sehingga relai hilang medan penyettingan nilainya berdasarkan impedansi. Berdasarkan kurva kapabilitas keadaan *under excitation* berada dibawah garis *Minimum Excitation Limiter* (MEL) atau *Under Excitation Limiter* (UEL) yang letaknya berada disumbu negatif dari sumbu MVAR. Karena MVAR identik dengan X maka pada diagram impedansi yang merupakan



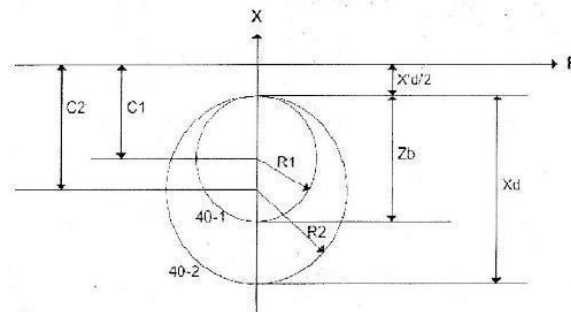
daerah kerja dari relai hilang eksitasi kondisi *under excitation* berada pada daerah negatif sumbu X. Atas dasar tersebut, maka penyettingan relai hilang eksitasi berada pada daerah negatif dari sumbu X. 3.2 Rele Reaktansi Minimum Pada relai reaktansi minimum nilainilai yang disetting adalah nilai XB-set atau *offset* dan XA-set. Nilai *offset* adalah jarak antara busur lingkaran daerah kerja relai yang memotong sumbu X terhadap titik (0;0) diagram ZR-X sedangkan nilai adalah diameter lingkaran dari daerah kerja relai hilang eksitasi. Nilai *offset* (XB) disetting sebesar setengah dari reaktansi transient dari generator . Sementara nilai XA-set sebesar reaktansi sinkron dari generator.



Gambar 2. Daerah Kerja Rele Hilang Medan

### 3.2 Rele Offset Mho

Pada relai reaktansi minimum nilainilai yang disetting adalah nilai XB-set atau *offset* dan XA-set . Nilai *offset* adalah jarak antara busur lingkaran daerah kerja relai yang memotong sumbu X terhadap titik (0;0) diagram ZR-X sedangkan nilai adalah diameter lingkaran dari daerah kerja relai hilang eksitasi. Nilai *offset* (XB) disetting sebesar setengah dari reaktansi transient dari generator . Sementara nilai XA-set sebesar reaktansi sinkron dari generator.



Gambar 3. Daerah Kerja Rele Hilang Medan Eksitasi Dengan 2 Zona Proteksi

### 3.3 Teknik Analisis

Data yang diperoleh merupakan data yang berbentuk angka-angka sehingga untuk mengolahnya perlu menggunakan metode kuantitatif yang menggunakan persamaan-persamaan tertentu, yaitu dengan menggunakan persamaan untuk mencari setting rele hilang medan pada PLTA Besai, Persamaan yang akan digunakan berdasarkan IEEE Guide For AC Generator Protection C37.102-2006. Perhitungan setting rele hilang medan eksitasi pada PLTA Besai menggunakan persamaan-persamaan [3] yang mengacu pada manual book *BESAI Calculation sheets and protection relay setting*. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$C1 = \frac{(ZB+X'd)}{2} \dots\dots\dots(2)$$

$$R1 = \frac{ZB}{2} \dots\dots\dots(3)$$

$$C2 = \frac{(Xd+X'd)}{2} \dots\dots\dots(4)$$

$$R2 = \frac{Xd}{2} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

- C1 : Nilai batas tengah zona 1
- R1 : Radius zona 1
- C2 : Nilai batas tengah zona 2
- R2 : Radius zona 2
- Zb : impedansi basis mesin
- X'd : reaktansi transient
- Xd : reaktansi sinkron

Penyettingan nilai Xm

Xm atau nilai offset adalah jarak antara busur lingkaran daerah kerja rele memotong sumbu X terhadap titik (0,0) diagram R-X,persamaannya sebagai berikut

$$Xm = \frac{-ZB \times X'd}{2} \dots\dots\dots(6)$$

$$Zb = \frac{Vs}{Is} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

- Xm = Nilai offset ( $\Omega$ )
- Zb = Impedansi basis ( $\Omega$ )
- X'd = Reaktansi transien generator ( $\Omega$ )

Penyettingan nilai PHI

PHI adalah diameter lingkaran dari daerah kerja rele hilang medan. Pada generator do pembangkit listrik, ada yang menggunakan 1 zona proteksi dari rele hilang medan yaitu hanya menggunakan 1 rele hilang medan saja. Namun ada juga yang menggunakan 2 rele hilang medan. Untuk pembangkit yang menggunakan 1 zona proteksi, persamaan PHI adalah sebagai berikut :

$$PHI = -Zb \times Xd \dots\dots\dots(8)$$

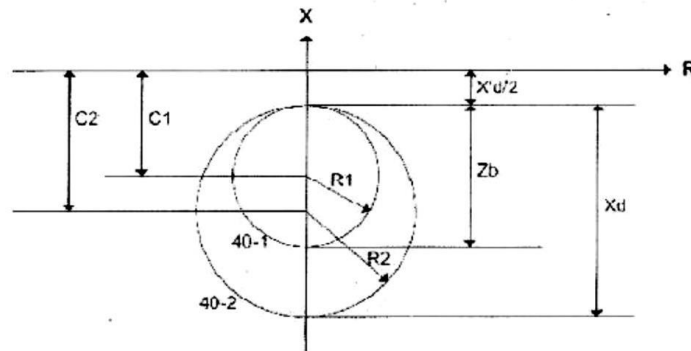
Dimana :

- PHI : Diameter daerah kerja rele hilang eksitasi ( $\Omega$ )
- Xd : Reaktansi sinkron generator ( $\Omega$ )
- Zb : Impedansi basis ( $\Omega$ )

Relai *offset* Mho memiliki skema pengaturan proteksi dengan menggunakan dua unit relai *offset* mho untuk membentuk dua zona proteksi yang berbeda. Tujuan penerapan dua zona tersebut



adalah agar sistem pengaman dapat memberikan respons yang berbeda pula terhadap indikasi gangguan generator sinkron hilang eksitasi. Jika nilai impedansi generator masuk pada zona pengaman 2, maka relai tersebut akan memberikan alarm sehingga jika mungkin operator dapat memulihkan suplai eksitasi generator menggunakan sistem eksitasi cadangan. Apabila eksitasi tidak dapat dipulihkan, maka relai pada zona pengaman 1 akan merespons dan kemudian memberikan perintah untuk menutup katup aliran gas ke turbin sebelum membuka sakelar pemutus tenaga generator (*circuit breaker*). Kedua zona pengaman digeser (*offset*) sebesar  $0.5 X'd$  pada titik sumbu, dengan tujuan untuk menghindari kesalahan operasi sistem pengaman terhadap gangguan lain seperti gangguan hubung singkat ataupun gangguan hilang sinkronisasi yang cukup lama.  $X'd$  merupakan nilai reaktansi generator sinkron saat kondisi peralihan (*transient*). Nilai *offset* adalah jarak antara busur lingkaran daerah kerja relai yang memotong sumbu X terhadap titik (0;0) diagram R-X. Sedangkan untuk nilai  $Z_b$  adalah diameter lingkaran dari daerah kerja relai hilang eksitasi.



Gambar 4. Daerah Kerja Relai Hilang Medan Eksitasi Dengan 2 Zona Proteksi

Dari persamaan diatas maka didapat perbandingan hasil penyettingan rele hilang medan eksitasi yang disajikan pada tabel.1 dan tabel 2. Setting rele hilang medan eksitasi berikut:

Tabel 1. Nilai Setting Relai Hilang Medan Eksitasi PLTA Besai Unit 1 Dengan 2 Zona

Zona Operasi Relai	Setting	Kegagalan Eksitasi ( $\Omega$ )	Kegagalan Eksitasi (pu)	Waktu Tunda
Zona 1	$X_m$ ( $\Omega$ )	17,362 ( $\Omega$ )	0,19	0,5 s
	$Z_b$ ( $\Omega$ )	91,379 ( $\Omega$ )	1	
Zona 2	$X_m$ ( $\Omega$ )	17,362 ( $\Omega$ )	0,19	2,0 s
	$X_d$ ( $\Omega$ )	150,775 ( $\Omega$ )	1,65	

Tabel 2. Perhitungan Setting Relai Hilang Medan Eksitasi PLTA Besai Unit 1 Dengan 2 Zona

Zona Operasi Relai	Setting	Kegagalan Eksitasi ( $\Omega$ )	Kegagalan Eksitasi (pu)	Waktu Tunda
40.1	$X'd/2$ ( $\Omega$ )	11,193 ( $\Omega$ )	0,122	0,5 s
	$Z_b$ ( $\Omega$ )	91,379 ( $\Omega$ )	1	
40.2	$X'd/2$ ( $\Omega$ )	11,193 ( $\Omega$ )	0,122	2,0 s
	$X_d$ ( $\Omega$ )	195,550 ( $\Omega$ )	2,140	

Dari hasil perhitungan penyettingan hilangnya medan eksitasi berdasarkan metode *manual instruction Calculation Note UR G60 Generator Unit #1 PLTA Besai tahun 2017* dan data setting rele hilang medan eksitasi generator sinkron di PLTA Besai unit 1 menggunakan 2 zona operasi yaitu

pada zona 1 dimana zona ini melindungi generator saat eksitasi sudah tidak dapat dipulihkan sehingga rele akan merespon dan kemudian memberi perintah untuk menutup katup aliran air ke turbin sebelum *circuit breaker* terbuka. Pada zona 2 jika nilai impedansi masuk pada zona 2 maka rele akan memberikan alarm sehingga jika memungkinkan operator dapat memulihkan *supply* eksitasi generator menggunakan sistem eksitasi cadangan.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang proteksi gangguan hilang medan eksitasi pada generator sinkron di PLTA Besai unit 1 yang telah dilakukan dapat disimpulkan. Penggunaan rele Mho dengan tipe ME321 sebagai proteksi terhadap gangguan hilang medan eksitasi dengan setting Offset 17,362  $\Omega$  atau 0,19 pu dan Zb 91,379  $\Omega$  atau 1 pu dengan waktu tunda 0,5 s untuk zona 1, dan setting Offset 17,362  $\Omega$  atau 0,19 pu dan Xd 150,775  $\Omega$  atau 1,65 pu dengan waktu tunda 2,0 s telah mencukupi untuk mendeteksi adanya gangguan hilang medan eksitasi pada generator baik gangguan berupa penurunan GGL tanpa disertai slip maupun gangguan penurunan GGL dengan disertai slip.

Untuk perhitungan berdasarkan metode *manual instruction Calculation Note UR G60 Generator Unit #1 PLTA Besai tahun 2017* yang menggunakan rele offset Mho dengan 2 zona proteksi yaitu untuk zona 1, nilai offset adalah 11,193  $\Omega$  atau 0,122 pu dan Zb 91,379  $\Omega$  atau 1 pu dengan waktu tunda 0,5 s, sedangkan untuk zona 2 setting offset adalah 11,193  $\Omega$  atau 0,122 pu dan nilai Xd 195,550  $\Omega$  atau 2,140 pu dengan waktu tunda 2,0 s.

Jika lintasan impedansi generator saat terjadi gangguan memasuki nilai setting rele tersebut telah mampu mendeteksi adanya hilang medan eksitasi baik penurunan GGL tanpa slip dengan lintasan impedansi berhenti pada nilai yang sama dengan reaktansi sinkron (Xd) maupun gangguan penurunan GGL disertai slip dengan lintasan impedansi berhenti pada nilai diantara reaktansi sinkron (Xd) dan 0,5 reaktansi transient (X'd) generator.

##### 4.2 Saran

Dari tulisan ini kami menyarankan untuk penelitian selanjutnya Untuk sebuah peralatan proteksi untuk pembangkit memiliki waktu operasi (*lifetime*) sehingga perlu diperhatikan waktu operasi dari peralatan proteksi hilang medan kapan untuk pengecekan dan perawatan secara terjadwal melakukan *preventive maintenance* agar hal teknis yang muncul dapat teratasi.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak telah memberi dukungan yang membantu pelaksanaan penelitian dan atau penulisan artikel, semoga menjadi amal kebaikan kelak nanti.

#### REFERENSI

- [1] Subeno, Edi. (2002). *Analisa Setting Mho Rele Sebagai Proteksi Hilang Penguat Generator*. Makalah Seminar Tugas Akhir. Universitas Diponegoro. Semarang
- [2] Hendrianto, Andri. 2016. *Rele Hilang Medan (Loss Of Field Relay) Sebagai Proteksi Hilang Penguat Generator Unit I PLTA Sutami*. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- [3] Anonim. (2006). *AC Generator Protection Guide Working Group*, IEEE Guide For AC Generator Protection Std C37.102-2006: New York.
- [4] GAE. (2017). *Calculation Note UR G60 Generator Unit #1 PLTA Besai*. PT.PLN (Persero) Sektor Pembangkitan Bandar Lampung. Lampung



- [5] GAE. (2017). *Pengadaan Proteksi Trafo Dan Generator PLTA Besai – PT.PLN (Persero) Sektor Pengendalian Pembangkitan Bandar Lampung.Lampung*
- [6] ELIN. (2001). *Protection System Calculation Sheet And Protection Relay Setting Unit 1 & 2. Lampung*