

Pengaruh Pembebanan Terhadap Sistem Eksitasi Generator Sinkron Sf 33.065 Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Poso 1 Energy

Kevin Chrisdania Sindang¹⁾, Baso Mukhlis²⁾, Yusnaini Arifin³⁾, Maryantho M⁴⁾, Agustinus K⁵⁾

^{1,2} Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako

kevinchrisdania16@gmail.com¹⁾

Abstrak

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Poso 1 Energy, perubahan beban jaringan interkoneksi pada generator yang terjadi setiap waktu akan menyebabkan berubahnya nilai tegangan generator serta dapat mempengaruhi bagaimana kinerja generator baik secara *lagging* ataupun *leading*. Adapun kondisi *Lagging* pada generator dipengaruhi oleh beban-beban yang bersifat induktif sehingga menyebabkan arus akan tertinggal dari tegangan. Untuk kondisi *Leading* pada generator, umumnya disebabkan oleh beban-beban yang bersifat kapasitif dimana kondisi arus akan mendahului tegangan. Adapun tujuan pada penelitian ini ialah untuk mengetahui bagaimana dampak dari perubahan beban terhadap besarnya perubahan eksitasi dalam mempertahankan kestabilan tegangan generator serta hubungan antara arus eksitasi terhadap perubahan beban daya reaktif pada kondisi *leading* generator yang disebabkan oleh beban-beban kapasitif pada jaringan interkoneksi di PLTA Poso 1 Energy.

Keywords: Arus eksitasi, PLTA, generator, beban

I. PENDAHULUAN

Generator merupakan suatu perangkat yang berfungsi untuk mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik (Anthony, 2013). Setiap pembangkit tenaga listrik selalu berhubungan dengan generator yang menjadi kunci terbentuknya energi listrik dan sebuah generator, tidak pernah lepas terhadap proses eksitasi yang merupakan dasar dari terbentuknya suatu gaya gerak listrik. Eksitasi pada generator sinkron bertujuan untuk membangkitkan fluks magnetik yang digunakan untuk menghasilkan Gaya Gerak Listrik (GGL) dengan cara menyuplai arus searah pada rotor generator. Pada sebuah pembangkit tenaga listrik, proses eksitasi generator dirangkai kedalam suatu sistem yang memiliki berbagai komponen untuk menunjang pembangkitan energi listrik.[5]

Pada saat sebuah pembangkit terhubung dengan jaringan interkoneksi maka generator akan merasakan beberapa fenomena yang terjadi salah satunya adalah perubahan beban unit generator. Dengan adanya perubahan penggunaan beban-beban listrik pada sisi konsumen maka kebutuhan akan daya listrik yang harus dibangkitkan oleh sebuah unit generator akan berubah setiap waktunya. Adapun pengendalian terhadap daya listrik generator untuk tetap dalam kondisi yang baik pada saat generator dibebani, salah satunya dipengaruhi oleh besarnya pengaturan eksitasi yang harus disuplai pada generator sinkron melalui sistem eksitasi. Pengaturan terhadap eksitasi sangatlah penting, khususnya dalam upaya untuk memparalelkan generator karena selain untuk menjaga kestabilan tegangan, pengaturan eksitasi juga memiliki dampak terhadap perubahan variabel lain salah satunya adalah perubahan nilai $\cos \phi$ dan daya reaktif pada generator sinkron[2].

Dengan memahami pentingnya peranan dari sebuah sistem eksitasi pada pembangkit sehingga karakteristiknya juga menjadi salah satu hal yang vital untuk diketahui.[3]

Dengan adanya studi dan pemahaman terhadap karakteristik sistem eksitasi terhadap pembebanan generator yang dilakukan melalui analisa hubungan antar variabel akan sangat membantu agar pengoperasian generator maupun sistem eksitasi pada PLTA Poso 1 Energy dapat berjalan dengan efisien dan efektif.

II. TEORI DASAR

A. Generator Sinkron

Generator sinkron adalah suatu mesin listrik yang digunakan untuk memproduksi energi listrik dari sumber mekanikal dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Energi mekanik diperoleh dari putaran rotor yang digerakan oleh penggerak mula, sedangkan energi listrik diperoleh dari perpotongan medan magnet dengan penghantar sehingga pada penghantar akan timbul gaya gerak listrik melalui proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan rotor dan stator. Perubahan energi ini terjadi karena adanya pergerakan relatif antara medan magnet dengan kumparan generator. Pergerakan relatif merupakan terjadinya perubahan medan magnet pada kumparan jangkar (tempat terbangkitnya tegangan pada generator) [3]. Hubungan antara kecepatan putar dengan frekuensi ditunjukkan pada persamaan di bawah ini:

$$f = \frac{n \cdot p}{120} \quad (1)$$

Dimana :

F = Frekuensi (Hz)

n = Kecepatan Putaran Motor (Rpm)

p = Jumlah Kutub

B. Reaksi Jangkar

Ketika generator sinkron bekerja pada saat tanpa beban maka tidak ada arus yang mengalir melalui kumparan jangkar (stator) sehingga yang ada pada celah udara hanya fluksi arus medan rotor. Namun jika generator sinkron diberi beban, arus jangkar I_a akan mengalir dan

membentuk fluksi jangkar. Fluks jangkar akan mempengaruhi fluks arus medan yang menyebabkan berubahnya nilai tegangan terminal generator sinkron. Ketika beban terhubung ke terminal generator, maka akan mengalir arus yang menimbulkan medan magnet pada belitan stator. Adapun persamaan GGL akibat fluksi jangkar adalah sebagai berikut :

$$E_a = V + (jX_s I_a) \quad (2)$$

Dimana : E_a = Ggl Induksi
 V = Tegangan terminal (V)
 X_s = Reaktansi Sinkron
 I_a = Arus Jangkar (A)

C. Sistem Eksitasi

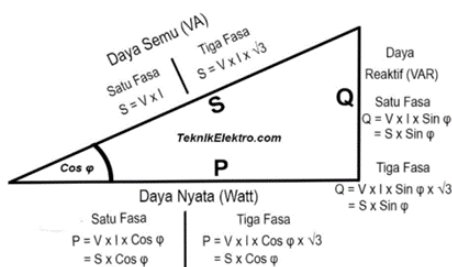
Laksono, (2014) Sistem eksitasi adalah suatu sistem peralatan listrik yang bertugas menjaga tegangan *output* dan daya reaktif (MVAR) generator agar tetap pada nilai kerja yang diinginkan. Suatu kenaikan daya aktif (MW) pada sisi beban akan mengakibatkan penurunan tegangan *output* generator. Penurunan tegangan terminal ini kemudian akan diatasi oleh *Auto Voltage Generator (AVR)* dimana tegangan terminal nantinya akan kembali kedalam nilai nominalnya.[7]

Eksitasi pada generator sinkron adalah suatu proses penguatan medan magnet dengan cara memberikan arus searah pada belitan medan yang terdapat pada rotor generator[5].

D. Daya Listrik Pada Generator

Daya memiliki arti sebagai energi per satuan waktu (Von Meier Alexander, 2006). Daya merupakan jumlah energi listrik yang digunakan untuk melakukan usaha di dalam sistem tenaga listrik. Daya listrik memiliki satuan Watt dalam Standar Internasional (SI), dimana daya listrik berfungsi sebagai bentuk besaran terukur yang ditunjukkan dengan adanya produksi energi listrik dari pembangkit maupun penyerapan energi listrik pada beban.[7]

Daya pada suatu sistem tegangan bolak-balik (AC) dikenal atas tiga macam yaitu daya aktif (nyata) dengan simbol (P) dan memiliki satuan Watt (W), daya reaktif dengan simbol (Q) satuannya adalah volt ampere reactive (VAR) dan daya semu dengan simbol (S) satuannya adalah volt ampere (VA). Hubungan dari ketiga daya listrik pada generator dapat dilihat melalui gambar segitiga daya berikut ini.



Gambar 1. Segitiga Daya

(Sumber: teknikelektro.com /2020/06/memahami-segitiga-daya.html)

adapun persamaan ketiga daya tersebut sebagai berikut :

$$P = \sqrt{3} \cdot V_{L-L} \cdot I_{L-L} \cdot \cos \phi \text{ (3 Fasa)} \quad (3)$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_{L-L} \cdot I_{L-L} \cdot \sin \phi \text{ (3 Fasa)} \quad (4)$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (5)$$

Dimana :

P = Daya Aktif (MW)

Q = Daya Reaktif (MVAR)

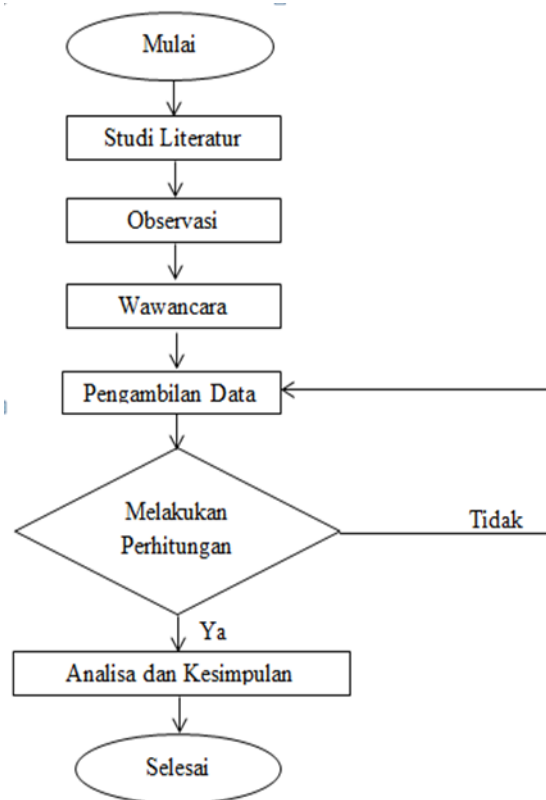
S = Daya Semu

V_{L-L} = Tegangan Line to line (V)

I_{L-L} = Arus Line to line (A)

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data sistem eksitasi pada PLTA Poso 1 energy menyangkut variabel sistem eksitasi dan generator seperti nilai arus eksitasi, tegangan eksitasi, arus jangkar dan tegangan terminal generator, daya aktif serta daya reaktif pada kondisi generator berbeban yang selanjutnya, dilakukan analisis data yang telah didapatkan dengan menggunakan metode Deskriptif dengan pendekatan Kuantitatif.



Gambar 2. Diagram Alir

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data variabel sistem eksitasi dan pembebanan generator unit ke-1 PLTA Poso 1 Energy pada bulan Juni 2021

Tabel 1 Data Operasi Harian Sistem Eksitasi dan Pembebanan Generator Sf 33.065 Unit Ke-1

Time	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Tegangan Generator (kV)	Arus Jangkar (kA)	Arus Eksitasi (A)	Tegangan Eksitasi (V)
04/06/2021	22,5	-6,76	11,03	1,24	505	86
05/06/2021	22,6	-6,39	11,04	1,28	506	86
06/06/2021	21,1	-7,24	11,03	1,2	489	83
07/06/2021	21,6	-6,72	11,02	1,25	509	87
08/06/2021	30,2	-3,42	11	1,64	606	103
09/06/2021	30,3	-3,46	11	1,62	596	103
10/06/2021	29,3	-4,01	11,13	1,55	587	101
11/06/2021	30,8	-3,29	11,11	1,64	610	104
12/06/2021	30,2	-1,52	11,07	1,58	616	106
18/06/2021	25,8	-5,49	11,13	1,4	552	90
19/06/2021	29,8	-3,72	11,09	1,58	597	102
20/06/2021	25,9	-5,44	11,07	1,37	544	91
21/06/2021	24,2	-5,99	11,16	1,35	518	93
22/06/2021	24,6	-5,55	11,16	1,39	520	96
23/06/2021	24,3	-5,27	11,05	1,32	528	89
24/06/2021	26,5	-4,92	11,09	1,43	559	97
25/06/2021	21,6	-5,31	11,04	1,19	522	88
26/06/2021	27,4	-4,84	11,14	1,49	576	98
27/06/2021	21,3	-7,2	11,17	1,16	504	86

Tabel 3 Hasil Perhitungan GGL Induksi (Ea) Generator Unit ke-1

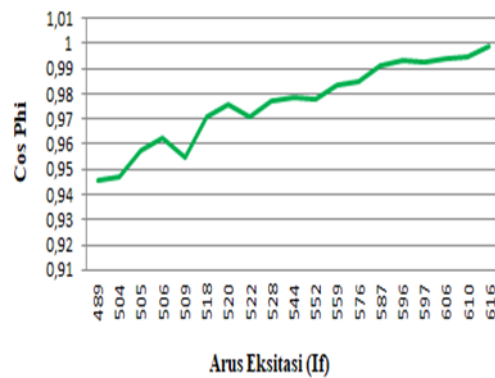
Time	Vout Generator (kV)	Arus Jangkar (kA)	Arus Eksitasi (A)	GGL Induksi (kV)
04/06/2021	11,03	1,24	505	11,62
05/06/2021	11,04	1,28	506	11,67
06/06/2021	11,03	1,2	489	11,58
07/06/2021	11,02	1,25	509	11,62
08/06/2021	11	1,64	606	12,02
09/06/2021	11	1,62	596	11,99
10/06/2021	11,13	1,55	587	12,03
11/06/2021	11,11	1,64	610	12,12
12/06/2021	11,07	1,58	616	12,01
18/06/2021	11,13	1,4	552	11,87
19/06/2021	11,09	1,58	597	12,03
20/06/2021	11,07	1,37	544	11,78
21/06/2021	11,16	1,35	518	11,85
22/06/2021	11,16	1,39	520	11,89
23/06/2021	11,05	1,32	528	11,72
24/06/2021	11,09	1,43	559	11,87
25/06/2021	11,04	1,19	522	11,58
26/06/2021	11,14	1,49	576	11,98
27/06/2021	11,17	1,16	504	11,68

A. Hasil Perhitungan Nilai Cos Phi dan Ggl Induksi

Tabel 2 Perhitungan Nilai Cos Phi Generator Sf 33.065 Unit Ke-1

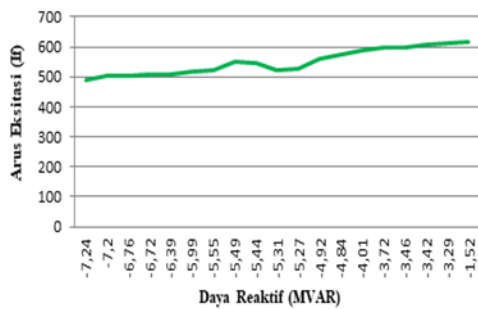
Time	If (A)	P (MW)	Q (MVAR)	S (MVA)	Cos Phi
04/06/2021	505	22,5	-6,76	23,493	0,957
05/06/2021	506	22,6	-6,39	23,486	0,962
06/06/2021	489	21,1	-7,24	22,307	0,945
07/06/2021	509	21,6	-6,72	22,621	0,954
08/06/2021	606	30,2	-3,42	30,393	0,993
09/06/2021	596	30,3	-3,46	30,496	0,993
10/06/2021	587	29,3	-4,01	29,573	0,990
11/06/2021	610	30,8	-3,29	30,975	0,994
12/06/2021	616	30,2	-1,52	30,238	0,998
18/06/2021	552	25,8	-5,49	26,377	0,978
19/06/2021	597	29,8	-3,72	30,031	0,992
20/06/2021	544	25,9	-5,44	26,465	0,978
21/06/2021	551	24,2	-5,99	24,930	0,970
22/06/2021	550	24,6	-5,55	25,218	0,975
23/06/2021	528	24,3	-5,27	24,864	0,977
24/06/2021	559	26,5	-4,92	26,952	0,983
25/06/2021	522	21,6	-5,31	22,243	0,971
26/06/2021	576	27,4	-4,84	27,824	0,984
27/06/2021	504	21,3	-7,2	22,483	0,947

B. Induksi Grafik Karakteristik Sistem Eksitasi



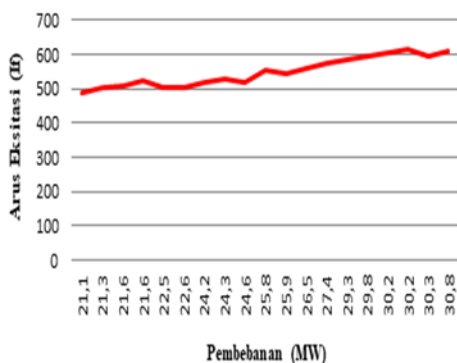
Gambar 3. Hubungan Arus Eksitasi (If) Terhadap Cos Phi Generator Unit 1 Kondisi Leading

Pada gambar 4.1 ditampilkan grafik hubungan antara arus eksitasi dan cos phi pada generator unit 1 dalam kondisi *leading*. Arus eksitasi minimum yang ditampilkan bernilai sebesar 489 A dengan nilai cosphi 0,945. Grafik terus mengalami peningkatan hingga pada arus eksitasi maksimum sebesar 616 A yang juga diikuti dengan peningkatan nilai cos phi sebesar 0,998. Pada generator sf 33.065 unit 1 diperlihatkan bahwa generator berada dalam kondisi *leading* dimana dengan memperbesar arus eksitasi akan menyebabkan peningkatan nilai cos phi generator



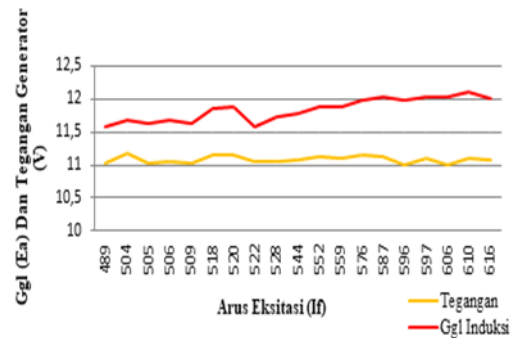
Gambar 4. Hubungan Arus Eksitasi (If) Terhadap Daya Reaktif Unit 1 Kondisi Leading

Pada grafik 4.2 diperlihatkan hubungan antara arus eksitasi dan daya reaktif pada generator unit 1 dalam kondisi *leading*. Terlihat bahwa dengan arus eksitasi minimum sebesar 489 A maka daya reaktif generator bernilai -7,24 MVAR. Dengan adanya peningkatan arus eksitasi sampai pada nilai maksimumnya sebesar 616 A maka besar daya reaktif mengalami penurunan menjadi -1,52 MVAR. Dari grafik yang ditampilkan diketahui bahwa dengan memperbesar arus eksitasi akan menyebabkan adanya penurunan nilai daya reaktif yang dapat diserap oleh generator. Generator sinkron berada dalam kondisi *leading* disebabkan oleh beban-beban yang bersifat kapasitif.



Gambar 5. Hubungan Pembebanan (Mw) dan Arus Eksitasi (If) Unit ke-1

Gambar 4.3 menunjukkan grafik hubungan antara pembebanan (MW) terhadap arus eksitasi pada generator Sf 33.065 di PLTA Poso 1 Energy. Diperlihatkan bahwa pada generator unit 1, dengan nilai arus eksitasi minimum yang disuplai ke generator sebesar 489 A maka besar pembebanan daya aktifnya bernilai 21,1 MW. Ditunjukkan bahwa dengan meningkatnya pembebanan daya aktif hingga nilai maksimumnya sebesar 30,8 MW maka arus eksitasi juga akan ditingkatkan menjadi sebesar 610 A. Adanya peningkatan daya aktif pembebanan pada sebuah unit generator harus diimbangi dengan peningkatan arus eksitasi yang disuplai ke generator sinkron.



Gambar 6. Hubungan Arus Eksitasi (If) Terhadap Ggl Induksi (Ea) dan Tegangan Generator (V) Unit ke-1

Pada Grafik 4.4 dapat dilihat hubungan antara arus eksitasi terhadap Ggl induksi dan tegangan keluaran generator sinkron. Pada generator unit 1 yang berada dalam kondisi *leading*, dengan arus eksitasi terkecil sebesar 489 A maka ggl yang dibangkitkan pada generator bernilai 11,62 kV dengan tegangan 11,03 kV. Kondisi perubahan arus eksitasi terhadap ggl dan tegangan generator secara bertahap meningkat sampai pada arus eksitasi maksimum sebesar 616 A dengan ggl 12,01 kV serta tegangan 11,07 kV. Dari data yang ditampilkan melalui grafik 4.4, dengan memperbesar nilai arus eksitasi maka besar ggl akan semakin besar dengan tegangan terminal generator sinkron yang stabil pada tegangan nominal 11 kV.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian yang telah didapatkan pada tugas akhir yang berjudul pengaruh pembebanan terhadap sistem eksitasi generator sinkron sf 33.065 pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Poso 1 Energy, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut

1. Pada karakteristik sistem eksitasi terhadap pembebanan pada unit ke-1 generator Sf 33.065 di PLTA Poso 1 Energy diketahui bahwa arus eksitasi generator berpengaruh terhadap besar cos phi generator dimana pada kondisi *leading*, dengan memperbesar arus eksitasi maka cos phi akan semakin mendekati nilai 1. Hal ini membuktikan bahwa pada kondisi *leading*, peningkatan arus eksitasi sebanding dengan besarnya cos phi pada generator.
2. Pada kondisi *leading* generator unit ke-1, besar arus eksitasi minimumnya adalah 489 A dengan daya reaktif (Q) bernilai -7,24 MVAR dan untuk arus eksitasi maksimumnya adalah sebesar 616 A dengan daya reaktif (Q) bernilai -1,52 MVAR. Pada kondisi *leading*, besarnya arus eksitasi akan berbanding terbalik dengan besar daya reaktif yang dapat diserap oleh generator sinkron dimana dengan memperbesar arus eksitasi maka daya reaktif akan semakin kecil dan begitu pula sebaliknya. Kondisi *leading* pada generator disebabkan banyaknya penggunaan beban kapasitif pada konsumen sehingga generator akan menyerap daya reaktif dari sistem.

3. Besar beban daya aktif pada unit generator sebanding dengan besar arus eksitasi yang suplai ke generator sinkron. Hal ini dibuktikan pada generator unit 1 dimana besar arus eksitasi minimumnya adalah 489 A dengan beban daya aktif 21,1 MW dan besar arus eksitasi sebesar 610 A dengan beban daya aktif maksimumnya adalah 30,8 MW.
4. Perubahan besar arus eksitasi akan mempengaruhi besar Ggl pada generator sinkron dimana dengan memperbesar arus eksitasi maka Ggl induksi yang dibangkitkan oleh generator akan meningkat sehingga tegangan generator dapat tetap stabil pada tegangan nominal 11 kV dengan bantuan Automatic Voltage Regulator. Hal ini membuktikan bahwa besar arus eksitasi sebanding dengan peningkatan Ggl induksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]]Muzayyin, Akhmad. 2018. Analisis Sistem Eksitasi Generator Sinkron 3 Phase di Plta Wonogiri Unit Pembangkit Mrica. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [2] Marsaoly, William. 2020. Pengaruh Arus Eksitasi Terhadap Daya Reaktif Generator di Unit 3 PT. Indonesia Power Suralaya PGU. Jakarta: Institute Teknologi PLN
- [3] Purnomo, Setyo. 2020. Analisis Hubungan Variabel Pada Sistem Eksitasi Terhadap Performa Generator Sinkron Pada Pltu Kaltim Teluk. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- [4] Ramadhanti, Savira. 2020. Analisis Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Daya Reaktif dan Tegangan Terminal Generator Unit 3 PLTP Gunung Salak. Jakarta: Institute Teknologi PLN
- [5] Septiawan, Dwi. 2017. Studi Sistem Eksitasi Pada Generator Sinkron di Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Musi Bengkulu. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [6] Sentosa, Ari. 2018. Analisis Sistem Eksitasi Terhadap Performa Generator Sinkron di Pltu Suralaya. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [7] Urnianto, Sabar. 2018. Analisis Performa Generator Qf-110-2 PLTU Sebalang. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.