

---

## Analisis Sistem Eksitasi Pada Generator Pararel Terhadap Daya Reaktif

Fita Sari<sup>1</sup>, Agus Darwanto<sup>2</sup>

<sup>12</sup>Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu

E-mail : [fitasari0203@gmail.com](mailto:fitasari0203@gmail.com)<sup>1</sup>, [agoes.sttr@gmail.com](mailto:agoes.sttr@gmail.com)<sup>2</sup>

---

### ABSTRACT

*Generators are very important equipment in power plants, because generators can convert mechanical power into electricity. In addition, the generator also serves to maintain the stability of the generation, one of which is to maintain the stability of the voltage. Maintaining the stability of the voltage is done by maintaining changes in flux on the generator by maintaining the stability of the excitation system and reactive power at the generator. For this reason, this study aims to determine the most appropriate ratio between the excitation currents generated and the reactive power generated at the plant so that it can control the generator quickly and accurately in handling generator excitation problems. The method used is to recalculate the output data and enter the generator that has worked in parallel hourly operations. The comparison calculation results between excitation current and reactive power in GTG 2.2, 600.67 amperes of excitation current produce 39.4 MVAR of reactive power, whereas in GTG 2.3, 611.44 amperes produce reactive power of 35.4 MVAR in a day and the percentage of reactive power result in PLTGU block 2 by 53% in a day.*

**Keywords:** excitation, generator, reactive power.

### INTISARI

Generator merupakan peralatan yang sangat penting pada pembangkit listrik, karena generator dapat mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Selain itu, generator juga berfungsi menjaga kestabilan pembangkitan, salah satunya menjaga kestabilan tegangan. Menjaga kestabilan tegangan dilakukan dengan menjaga perubahan fluks pada generator dengan menjaga kestabilan sistem eksitasi dan daya reaktif pada generator. Untuk itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar perbandingan yang paling tepat antara arus eksitasi yang dihasilkan dengan daya reaktif yang dihasilkan pada pembangkit agar dapat mengontrol generator secara cepat dan tepat dalam penanganan masalah eksitasi generator. Metode yang digunakan adalah menghitung kembali data keluaran dan masukkan generator yang sudah bekerja paralel per jam operasi. Hasil perhitungan perbandingan antara arus eksitasi dan daya reaktif pada GTG 2.2 yaitu 600.67 A arus eksitasi menghasilkan 39.4 MVAR daya reaktif, sedangkan pada GTG 2.3 yaitu 611.44 A menghasilkan daya reaktif sebesar 35.4 MVAR dalam sehari serta presentase daya reaktif yang dibangkitkan pada PLTGU blok 2 sebesar 53% dalam sehari.

**Kata kunci :** daya reaktif, eksitasi, generator.

---

### PENDAHULUAN

PT. Indonesia Power Semarang PGU merupakan perusahaan energi yang bergerak pada bidang pembangkitan listrik. PT. Indonesia Power mengelola unit - unit Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU). Saat ini kapasitas total yang terpasang pada PT.Indonesia Power sebesar 1.313,3 MW dengan keadaan hanya PLTGU yang beroperasi.

Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) adalah pembangkit listrik jenis thermal hasil kombinasi antara pembangkit listrik tenaga gas dan pembangkit listrik tenaga uap (Bambang Setyoko, 2006).

Pada proses pembangkitan di PLTGU peran generator sangat penting, karena berfungsi mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik (Ridzki, 2013). Mahaganti et al. (2014), menyebutkan bahwa generator terbagi menjadi dua yaitu generator asinkron dan sinkron. Generator asinkron merupakan generator yang tidak serempak antara putaran rotor dengan putaran medan magnet pada stator. Generator asinkron digunakan pada pembangkit listrik dengan putaran rendah dan lebih ke energi baru terbarukan sedangkan generator sinkron adalah

---

generator yang jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator.

Generator sinkron umumnya digunakan pada pembangkit putaran tinggi seperti pembangkit listrik tenaga gas dan uap.

Pembebanan pada proses pembangkitan listrik harus selalu stabil, terutama saat terjadi beban maksimum. Generator sinkron sangat berperan dalam kestabilan pembangkitan tersebut. Untuk menjamin kestabilan pelayanan beban diperlukan kapasitas daya tambahan. Kapasitas daya listrik dapat bertambah dengan cara sinkronisasi generator. Sinkronisasi adalah memparalelkan dua atau lebih generator pada sistem pembangkit dengan berbagai syarat yang harus terpenuhi. Pada proses sinkronisasi tegangan keluaran dari generator yang bekerja paralel harus selalu stabil agar bisa bekerja terkoneksi. Salah satu faktor yang menyebabkan tegangan keluaran yang stabil dapat diatur dengan sistem eksitasi pada generator.

Sistem eksitasi merupakan pemberian arus searah (DC) pada kumparan medan rotor generator yang akan menimbulkan fluks magnet. Secara garis besar sistem eksitasi dibagi menjadi dua, yaitu sistem eksitasi menggunakan sikat arang (carbon brush) dan tanpa sikat (brushless) (Zeljko, 2009). Kestabilan eksitasi dibutuhkan karena mempengaruhi besar tegangan keluaran generator dan daya reaktif yang dibutuhkan generator.

Daya reaktif merupakan daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Medan magnet diperlukan untuk pembentukan fluks magnet. Pengaturan kestabilan daya reaktif diperlukan untuk mengantisipasi terjadinya eksitasi yang berlebihan (over excitation) dan eksitasi yang rendah (under excitation) yang mengakibatkan terjadinya gangguan panas berlebih pada stator dan rotor generator (Shintawaty, 2013).

Berdasarkan pengamatan dilapangan generator pada PLTGU blok 2 PT. Indonesia Power Semarang mengalami tegangan output generator yang tidak stabil dari tegangan normal yaitu sebesar 11.5 kV, hal tersebut diakibatkan perubahan fluks yang tidak stabil. Perubahan fluks yang tidak stabil dipengaruhi oleh sistem eksitasi dan daya reaktif yang kurang efektif. Permasalahan tersebut yang secara berkala akan mengakibatkan pelepasan generator bahkan generator mati yang dapat mengganggu suplay daya ke beban.

Berdasarkan permasalahan pada generator PLTGU PT. Indonesia Power Semarang PGU yang sering mengalami panas pada bagian rotor dan stator generator beserta tegangan keluaran generator yang kurang stabil, maka perlu dilakukan perhitungan ulang eksitasi terhadap daya reaktif generator. Perhitungan dilakukan untuk mencegah agar tidak terjadinya generator mati yang sangat merugikan pelayanan terhadap beban.

Analisis dilakukan dengan menghitung perbandingan presentase pengaturan antara sistem eksitasi dan daya reaktif pada generator yang terbaik, dengan harapan mampu menekan efektifitas pengaturan antara sistem eksitasi dan daya reaktif pada generator untuk meminimalisir terjadinya gangguan yang disebabkan eksitasi pada generator GTG.2.2 dan GTG.2.3 yang tersambung paralel

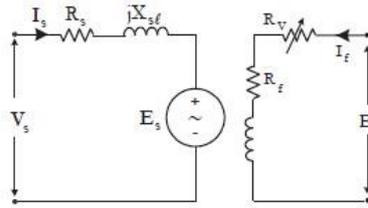
## **KERANGKA TEORI**

### **1. Generator Sinkron**

Generator sinkron merupakan mesin listrik yang digunakan sebagai alat pembangkit energi listrik dengan cara mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik yang mempunyai jumlah putaran motor selalu sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kumparan medan magnet generator sinkron terdapat di rotornya sedangkan kumparan jangkar terletak pada stator. Rotor pada generator sinkron terdiri atas belitan medan dengan suplai arus searah akan menghasilkan medan magnet yang diputar dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan putar rotor (Blair, 2017, chap. 16).

### **2. Karakteristik Generator Sinkron**

Rangkaian ekuivalen perfase generator pada gambar 1, dalam karakteristik generator sinkron berbeban terdapat arus yang mengalir pada kumparan jangkar, sehingga arus jangkar yang dihasilkan akan membentuk fluks jangkar. Terbentuknya fluks jangkar dapat mempengaruhi fluks arus medan yang menyebabkan besarnya tegangan terminal berubah-ubah.



Gambar 1. Rangkaian Ekuivalen Generator (Ramdhani, 2005, chap. 1)

Tegangan keluaran generator sinkron adalah selisih antara tegangan induksi dengan total rugi-rugi tegangan akibat reaksi jangkar ( $jX_s I_a$ ), rugi tegangan akibat induktansi diri ( $jX_a I_a$ ) dan penurunan tegangan akibat resistansi lilitan tator ( $R_a I_a$ ) (Li, 2019a, chap. 2). Untuk mencari Tegangan sinkron dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan (2.1) sebagai berikut:

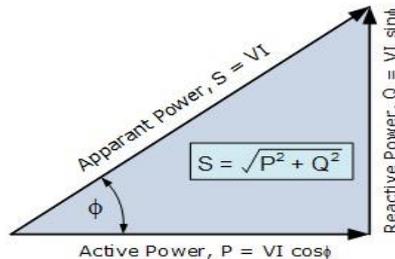
$$V_{out} = E_a - jX_s I_a - R_a I_a \dots\dots\dots 1$$

Keterangan :

- $E_a$  = tegangan induksi (V)
- $V_{out}$  = tegangan keluaran (V)
- $X_s$  = reaktansi sinkron( $\Omega$ )
- $I_a$  = arus jangkar (A)

### 3. Daya Generator

Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi listrik yang digunakan untuk melakukan usaha. Untuk penggunaan arus AC tiga fasa, terdapat 3 daya yang saling terikat satu sama lain yang mempunyai porsi sendiri-sendiri dalam sistem kelistrikan, terlihat pada gambar 2. :



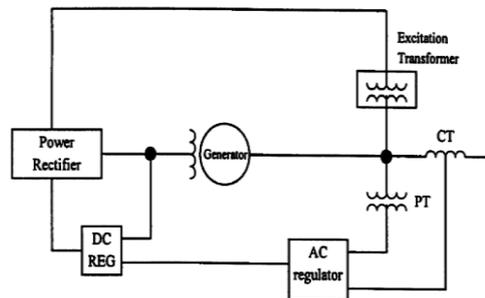
Gambar 2. Segitiga Daya (Putri and Pasaribu, 2018)

- a. Daya Semu (S)  
Daya total dari kapasitas daya maksimal generator atau diartikan sebagai penjumlahan daya aktif dan daya reaktif.
- b. Daya aktif (P)  
Daya nyata, memiliki satuan watt. Merupakan daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Daya ini sering digunakan secara umum oleh konsumen dan sebagai satuan yang dipakai untuk daya listrik dan dikonversi dalam bentuk kerja (Putri and Pasaribu, 2018)
- c. Daya Reaktif (Q)  
Daya dengan satuan VAR, merupakan daya yang suplay oleh komponen reaktif, atau disebut juga jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet tersebut akan terbentuk fluks medan magnet (Aini, Prasetya and Endarko, 2016).

### 4. Eksitasi

Eksitasi atau penguatan adalah sistem pasokan arus searah ke rotor generator sebagai penguat medan magnet. Arus eksitasi dialirkan pada kutub magnetik yang besarnya dapat diatur untuk memperoleh nilai tegangan output generator dan daya reaktif yang sesuai (Sanchez-Gasca, 2020).

Pada PT. Indonesia Power Semarang PGU menggunakan tipe eksitasi statis. Sistem eksitasi tipe ini sesuai dengan namanya, yaitu peralatannya tidak di putar. Sistem eksitasi statik terdiri dari trafo eksitasi yang dipasang dari keluaran generator. Tegangan keluaran trafo eksitasi kemudian di searahkan menggunakan *thyristor* dan dialirkan kerangkaian pengatuuran tegangan (Jicheng Li, 2019).



Gambar 3 Rangkaian Eksitasi Statis(Jicheng Li, 2019, chap. 10)

Pada gambar 3. menjelaskan bahwa eksitasi statis,generator harus memiliki sumber daya tambahan untuk menyediakan arus eksitasi yaitu berupa bank baterai besar ,dimana proses ini dikenal sebagai *field flashing* (Zeljko, 2009).

## METODOLOGI

Pada tahap metodologi dilakukan proses studi literatur terlebih dahulu dan pengambilan data, setelah itu dilakukan pengolahan data (perhitungan data) dan analisis dari hasil perhitungan data tersebut.

### 1 Data Penelitian.

Data yang dibutuhkan merupakan data keluaran dari generator GTG 2.2 dan GTG 2.3 yang sudah beroperasi secara pararel yang ditampilkan pada tabel 1. dan tabel 2. sebagai berikut :

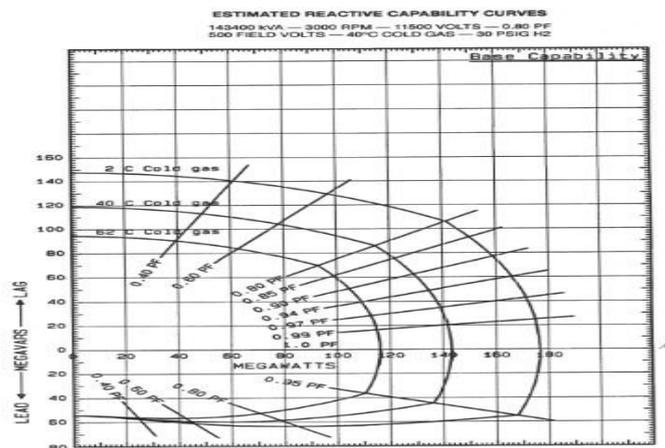
Tabel. 1 Data Generator GTG 2.2

JAM	DAYA AKTIF MW	TEGANGAN OUTPUT VOLT	ARUS OUPUT AMPERE	TEGANGAN EKSITASI VOLT	ARUS EKSITASI AMPERE
17:11	51.2	11.06	3823.3	170.5	483.6
18:11	61.7	11.5	3600	180.7	756.7
19:11	62.4	10.99	3759.7	187.5	469.7
20:11	96.2	11.8	5788	200.2	908.2
21:11	133.7	11.77	6755	400.6	834.6
22:11	107.8	11.86	5439	387.3	408.2
23:11	86	11.4	5545	255.8	816.9
0:11	64.8	11.47	3673	256.2	834.6
1:11	60.5	11.67	4234	250	580.7
2:11	57.2	11.2	3760	245	502.7
3:11	35.8	11.6	2168	160.9	769.6
4:11	38.4	11.6	2788	162.8	786.3
5:11	42.4	11.16	2767	165.3	497
6:11	40.8	11.27	3670	164.2	534.2
7:11	39.3	11.15	2573.2	162.9	489
8:11	40.5	11.17	2400	164.4	498.7
9:11	44.1	11.39	2800	166.2	560.7
10:11	48.2	11.26	3078	167.8	531.4
11:11	44.1	11.07	2943	166	483.5
12:11	49.6	11.03	2970	170	478
13:11	51.4	11.01	2903	173.3	477
14:11	54.3	11.35	3800	175	540
15:11	54.1	11.39	3800	175	567
16:11	56	11.41	3200	176.5	607.8

Tabel. 2 Data Generator GTG 2.3

JAM	DAYA AKTIF	TEGANGAN OUTPUT	ARUS OUPUT	TEGANGAN EKSIKASI	ARUS EKSIKASI
	MW	VOLT	AMPERE	VOLT	AMPERE
17:11	50.9	11.06	2973.3	170	580
18:11	59.7	11.5	3600	180	778.1
19:11	63.5	10.98	3859.7	187.8	473
20:11	94.8	11.3	5488	200	531
21:11	105.5	11.47	6855	398.7	756.7
22:11	95.1	11.2	5947	388	498
23:11	86.5	11.4	4907	255.9	778.1
0:11	81.3	11.47	5673	256.8	909.8
1:11	77.8	11.67	4200	249.2	763.3
2:11	69.2	11.2	4000	244	500
3:11	43.3	11.6	2499	160	789.2
4:11	39.8	11.6	2200	161	887.9
5:11	42.9	11.16	2467	164.8	495.2
6:11	40.8	11.29	2440	164	510.7
7:11	40	11.15	2290.2	163.2	489
8:11	40.5	11.17	2600	164.2	498
9:11	44.1	11.39	2633	165.5	678
10:11	47.7	11.26	2700	167.8	505.3
11:11	43	11.07	2943	164	498
12:11	49.1	11.03	2970	166	477
13:11	51	11.01	2903	175	473.8
14:11	54	11.35	3200	175	540.7
15:11	53.4	11.39	3187	174	565.7
16:11	55.4	11.41	3200	175	698.2

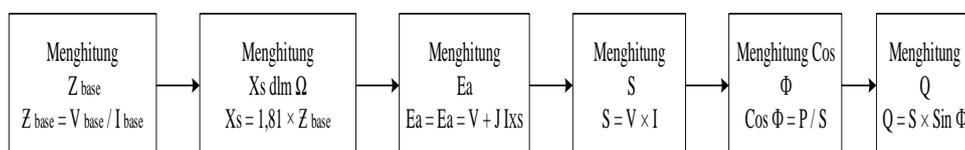
Untuk mengetahui karakteristik generator di PLTGU Blok 2 dibutuhkan kurva kapabiliti yang dapat dijadikan acuan saat menganalisis data hasil perhitungan yang terdapat pada gambar 4.



Gambar 4 Kurva Kapabiiti Generator Blok 2

## 2 Alur Perhitungan

Berikut adalah alur perhitungan yang di tunjukan pada gambar 5. :



Gambar 5. Alur Perhitungan

$$\begin{aligned}
 Z \text{ base} &= \frac{V \text{ base} / \sqrt{3}}{I \text{ base}} \\
 &= \frac{11500 / \sqrt{3}}{7199} = 0.92 \Omega
 \end{aligned}$$

Perhitungan Z base digunakan untuk mencari besar nilai Xs dalam ohm yang selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan tegangan induksi pada generator.

$$\begin{aligned}
 Z \text{ base} &= 0.92 \\
 Xs \text{ dalam } \Omega &= 1.81 \times Z \text{ base} \\
 &= 1.81 \times 0.92 \Omega \\
 &= 1.66 \Omega
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai Xs, dicari nilai tegangan induksi ( $E_a$ ).

$$\begin{aligned}
 E_a &= V_{out} + jX_s I_a \\
 E_a &= 11060 + j1.6 \times 3823.3 \\
 E_a &= 11060 + j6117.28 \\
 E_a &= 12.64 \text{ KV } \angle 29^\circ
 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai  $E_a$  dilakukan pada masing-masing generator selama 24 jam, menghitung daya semu (S) diperlukan untuk mengetahui besar  $\cos \phi$  dan besar daya reaktif (Q).

$$\begin{aligned}
 S &= V \times I \times \sqrt{3} \\
 S &= 10700 \times 3823.3 \times \sqrt{3} \\
 S &= 70773106.3 \text{ VA} \\
 S &= 70.8 \text{ MVA}
 \end{aligned}$$

Perhitungan daya semu juga dilakukan pada masing-masing generator GTG 2.2 dan GTG 2.3 selama 24 jam, maka dapat dihitung besar power faktor dari masing-masing generator dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \cos \phi &= \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}} \\
 \cos \phi &= \frac{51.2}{70.8} \\
 \cos \phi &= 0.7 \\
 \sin \phi &= 0.7
 \end{aligned}$$

Untuk selanjutnya dilakukan perhitungan daya reaktif untuk mengetahui besarnya daya reaktif maka dibutuhkan  $\sin \phi$  yang didapat dari  $\cos \phi$  tersebut.

$$\begin{aligned}
 Q &= V \times I \times \sin \phi \times \sqrt{3} \\
 Q &= 10700 \times 3823.3 \times 0.7 \times \sqrt{3} \\
 Q &= 49.5 \text{ MVAR}
 \end{aligned}$$

#### 4. Hasil dan Analisis Pembahasan

Data pada tabel.3 dan 4 merupakan hasil perhitungan generator GTG 2.2 dan GTG 2.3 yang digunakan sebagai bahan untuk analisis .

Tabel. 3 Data Hasil Perhitungan Generator GTG 2.2

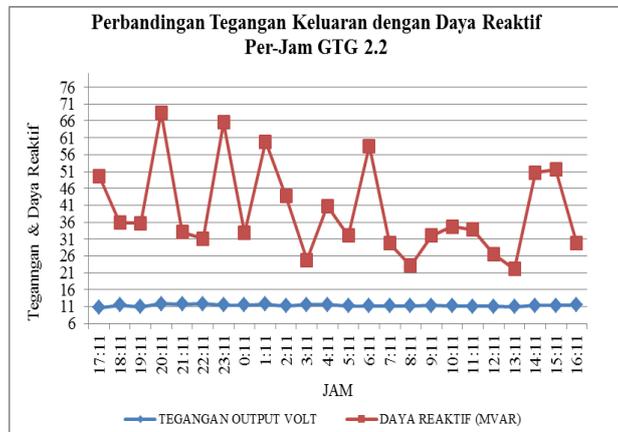
JAM	EA (KV)	S (MVA)	COS $\phi$	Q (MVAR)	SIN $\phi$
17:11	12.64 $\angle$ 29°	70.8	0.7	49.5	0.7
18:11	12.86 $\angle$ 26.60°	71.6	0.86	35.8	0.5
19:11	12.53 $\angle$ 28.70°	71.4	0.87	35.7	0.5
20:11	15.0 $\angle$ 38.10°	118.1	0.81	68.5	0.58
21:11	15.98 $\angle$ 42.50°	137.5	0.97	33	0.24
22:11	14.71 $\angle$ 36.30°	111.6	0.96	31.2	0.28
23:11	14.45 $\angle$ 37.09°	109.4	0.78	65.6	0.6
0:11	12.88 $\angle$ 27.27°	72.8	0.88	32.8	0.45
1:11	13.49 $\angle$ 30.57°	85.5	0.7	59.8	0.7
2:11	12.7 $\angle$ 28.24°	72.8	0.78	43.7	0.6
3:11	12.1 $\angle$ 16.64°	43.5	0.82	24.8	0.57
4:11	12.1 $\angle$ 16.72°	55.9	0.68	40.8	0.73
5:11	12 $\angle$ 21.64°	53.4	0.8	32	0.6
6:11	12.7 $\angle$ 27.52°	71.5	0.57	58.6	0.82
7:11	11.88 $\angle$ 20.26°	49.6	0.8	29.7	0.6
8:11	11.81 $\angle$ 18.97°	46.3	0.87	23.1	0.5
9:11	12.24 $\angle$ 21.47°	55.1	0.8	32	0.58
10:11	12.29 $\angle$ 23.62°	59.9	0.8	34.7	0.58
11:11	12 $\angle$ 23°	56.4	0.78	33.8	0.6
12:11	12 $\angle$ 23.30°	56.7	0.87	26.6	0.47
13:11	11.95 $\angle$ 22.87°	55.2	0.93	22.1	0.4
14:11	12.87 $\angle$ 28.17°	74.6	0.73	50.7	0.68
15:11	12.91 $\angle$ 28°	74.8	0.72	51.6	0.69
16:11	12.5 $\angle$ 24.16°	63.1	0.88	29.7	0.47

Tabel. 4 Data Hasil Perhitungan Generator GTG 2.3

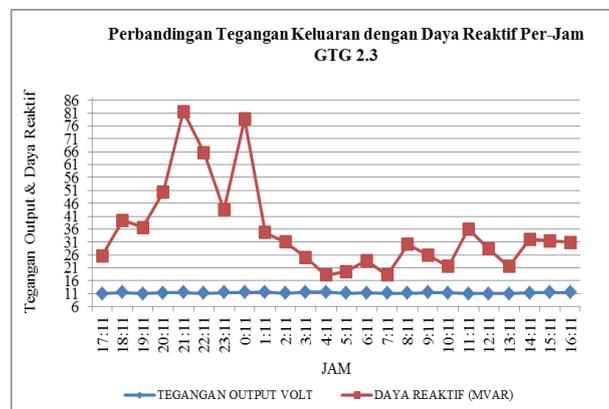
JAM	EA (KV)	S (MVA)	COS $\phi$	Q (MVAR)	SIN $\phi$
17:11	12.04 $\angle$ 23.27°	56.8	0.89	25.6	0.45
18:11	12.86 $\angle$ 26.60°	71.6	0.83	39.4	0.55
19:11	12.60 $\angle$ 29.35°	73.3	0.86	36.6	0.5
20:11	14.31 $\angle$ 37.85°	107.3	0.88	50.4	0.47
21:11	15.87 $\angle$ 43.71°	136	0.77	81.6	0.6
22:11	14.69 $\angle$ 40.35°	115.2	0.82	65.6	0.57
23:11	13.84 $\angle$ 34.55°	96.7	0.89	43.5	0.45
0:11	14.63 $\angle$ 38.35°	112.5	0.72	78.7	0.7
1:11	13.47 $\angle$ 29.94°	84.8	0.91	34.7	0.41
2:11	12.89 $\angle$ 29.74°	77.5	0.89	31	0.4
3:11	12.27 $\angle$ 19.01°	50.1	0.86	25	0.5
4:11	12.12 $\angle$ 16.88°	44.1	0.9	18.1	0.41
5:11	11.84 $\angle$ 19.47°	47.6	0.9	19.5	0.41
6:11	11.95 $\angle$ 19.04°	47.7	0.85	23.8	0.5
7:11	11.74 $\angle$ 18.20°	44.1	0.9	18.1	0.41
8:11	11.91 $\angle$ 20.43°	50.2	0.8	30.1	0.6
9:11	12.14 $\angle$ 20.30°	51.8	0.84	25.9	0.5
10:11	12.06 $\angle$ 20.99°	52.6	0.9	21.5	0.41
11:11	12.03 $\angle$ 23.04°	56.4	0.76	36	0.64
12:11	12.01 $\angle$ 23.30°	56.7	0.86	28.3	0.5
13:11	11.95 $\angle$ 22.87°	55.3	0.92	21.5	0.39
14:11	12.45 $\angle$ 24.28°	62.8	0.85	32	0.51
15:11	12.48 $\angle$ 24.12°	62.8	0.85	31.4	0.5
16:11	12.5 $\angle$ 24.17°	63.1	0.87	30.9	0.49

### a. Analisis Hubungan Tegangan Keluaran Generator dengan Daya Reaktif

Kurva pada gambar 6 dan 7 menunjukkan pengamatan hasil data yang diperoleh pada generator GTG 2.2 dan GTG 2.3 bahwa daya reaktif masing-masing generator selalu berubah-ubah sesuai jenis beban yang ditopang untuk mempertahankan tegangan keluaran agar tetap stabil sesuai dengan ketentuan.

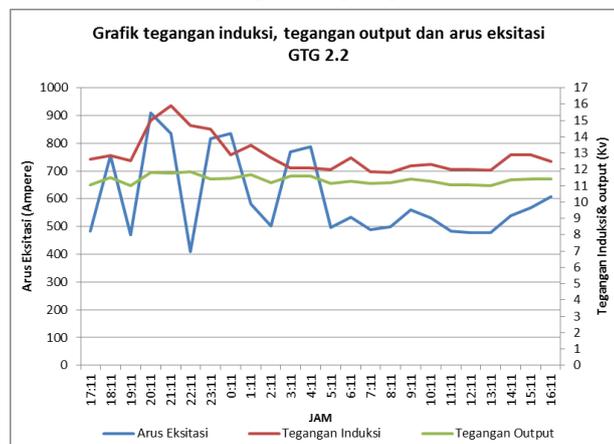


Gambar 6. Grafik Hubungan Tegangan Keluaran dengan Daya Reaktif GTG 2.2

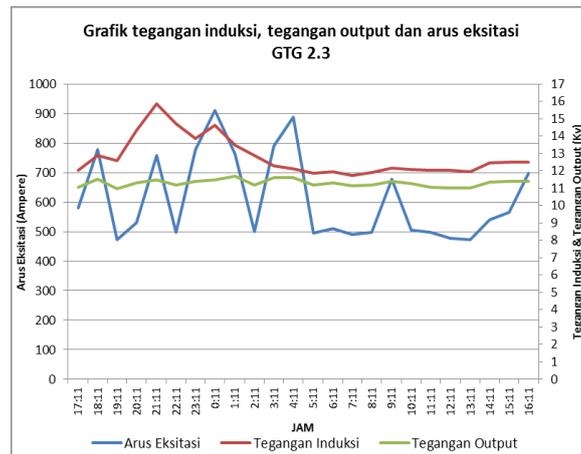


Gambar 7. Grafik Hubungan Tegangan Keluaran dengan Daya Reaktif GTG 2.3

### b. Analisis Hubungan Arus Eksitasi dengan Tegangan Induksi dan Tegangan Keluaran



Gambar 8. Grafik Hubungan Arus Eksitasi dengan Tegangan Induksi dan Tegangan Output GTG 2.2



Gambar 9. Grafik Hubungan Arus Eksitasi dengan Tegangan Induksi dan Tegangan Output GTG 2.3

Pada Gambar 8. dan Gambar 9. menunjukkan bahwa pengaruh arus eksitasi ( $I_f$ ) terhadap tegangan induksi atau GGL induksi ( $E_a$ ) serta tegangan keluaran pada generator PLTGU GTG 2.2 dan GTG 2.3 di PT. Indonesia Power Semarang PGU. menunjukkan bahwa terjadi kecenderungan peningkatan nilai dari GGL induksi ( $E_a$ ) apabila nilai arus eksitasi yang diinjeksikan semakin besar. Hal yang sama juga terjadi pada kenaikan nilai arus eksitasi ( $I_f$ ) yang diinjeksikan ke generator agar nilai tegangan konstan .

**c. Analisis Perbandingan Yang Tepat Antara Arus Eksitasi Dan Daya Reaktif Pada PLTGU Blok 2 PT. Indonesia Power Semarang PGU.**

Perbandingan antara arus eksitasi dan daya reaktif pada masing – masing generator yang paralel dapat dicari dari rata – rata arus eksitasi dan daya reaktif dari masing – masing generator yang sudah terpasang generator.

Tabel. 5 Tabel Hasil Perhitungan Rata-rata Arus Eksitasi dan Daya Reaktif

GTG 2.2		GTG 2.3	
ARUS EKSITASI AMPERE	DAYA REAKTIF MVAR	ARUS EKSITASI AMPERE	DAYA REAKTIF MVAR
600.67	39.4	611.44	35.4

Pada tabel 5. dapat ditunjukkan bahwa untuk arus eksitasi antara GTG 2.3 lebih tinggi di banding GTG 2.2 sebesar 10.77 ampere, sedangkan daya reaktif GTG 2.2 lebih tinggi di banding pada GTG 2.3 sebesar 4 MVAR . Hal ini menunjukkan bahwa generator masih dalam kondisi pembangkitan batas normal.

**d. Analisis Presentase Daya Reaktif Yang Pada Generator Unit 2 PLTGU**

Presentase daya reaktif yang dihasilkan pada generator unit 2 PLTGU yang bekerja paralel dengan menghitung rata – rata daya reaktif per daya semu, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$presentase\ daya\ reaktif = \frac{rata - rata\ daya\ reaktif}{rata - rata\ daya\ semu} \times 100\%$$

**Tabel 6.** Presentase Rata-rata Daya Reaktif

PERSENTASE RATA-RATA DAYA REAKTIF		
GTG 2.2	GTG 2.3	BLOK 2
$\frac{39.4}{72.4} \times 100\%$	$\frac{35.4}{69.8} \times 100\%$	$\frac{37.4}{71.1} \times 100\%$
54%	51%	53%

Pada tabel 6. menunjukkan hasil perhitungan presentase rata – rata daya reaktif dari generator GTG 2.2, GTG 2.3 terhubung paralel pada Blok 2 .Daya reaktif rata rata yang dihasilkan adalah 53% dari total daya semu untuk mempertahankan tegangan keluaran generator yang stabil.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dari perhitungan pengaruh sistem eksitasi terhadap daya reaktif generator pada PLTGU Blok 2 GTG 2.2 dan GTG 2.3 PT. Indonesia Power Semarang PGU didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan perbandingan antara arus eksitasi dan daya reaktif pada GTG 2.2 yaitu 600.67 ampere arus eksitasi menghasilkan 39.4 MVAR daya reaktif, sedangkan pada GTG 2.3 yaitu 611.44 ampere menghasilkan daya reaktif sebesar 35. 4 MVAR dalam sehari.
2. Presentase daya reaktif per daya semu yang dihasilkan pada GTG 2.2 sebesar 54% dan untuk GTG 2.3 sebesar 51 %, sedangkan hasil dari keseluruhan generator pada GTG 2.2 dan GTG 2.3 di PLTGU Blok 2 sebesar 53% dalam sehari.
3. Pada analisis ini perhitungan antara arus eksitasi dan daya reaktif pada GTG 2.2 dan GTG 2.3 sesuai dengan hipotesis sebelumnya yaitu sebesar 700 ampere arus eksitasi menghasilkan 40 MVAR daya reaktif, hanya saja antara GTG 2.2 dan GTG 2.3 tidak terdapat perbandingan yang paling baik sedangkan untuk hasil perhitungan presentase daya reaktif dengan hipotesis yaitu sebesar 30% terdapat selisih yang cukup signifikan dengan hasil perhitungan, hal tersebut diakibatkan faktor beban yang ditompang generator.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aini, A. N., Prasetya, B. and Endarko (2016) 'Rangkaian Segitiga Daya (E8)', *ELEKTRONIKA DASAR II*, 1(1), pp. 3–6.
- Amien, I. S. (2014) 'Sinkron Yang Bekerja Paralel Terhadap', *Singuda Ensikom*, 7(1), pp. 8–15.
- Bambang Setyoko (2006) 'Analisa Efisiensi Performa HRSG ( Heat Recovery Steam Generation ) Pada PLTGU', *Traksi*,4(2), pp.49-6doi:<https://doi.org/10.26714/traksi.4.2.2006.%25p>.
- Bandri, S. (2013) '( Aplikasi PLTG Pauh Limo Padang ) e - N d  $\phi$  dt', 2(1), pp. 42–48.
- Blair, T. H. (2017) 'generators', in *Energy Production Systems Engineering*. 1st edn. Wiley-IEEE Press, pp. 349–389. doi: 10.1002/9781119238041.ch16.
- Ennopati Pane (2010) '( Aplikasi Pada Generator Sinkron Di Pltd Pt . Manunggal Wiratama ) Ennopati Pane', *elektro. palembang*, pp. 1–35.
- Jicheng Li (2019) 'Static Self-Excitation System', in *Design and Application of Modern Synchronous Generator Excitation Systems*. 1st edn. Wiley-IEEE Press,pp.285–328 doi:10.1002/9781118841006. ch10.
- Li, J. (2019a) 'Characteristics of Synchronous Generator [ 5 ] 2 . 1 Electromotive Force Phasor Diagram of Synchronous Generator', in *generator*. 1st edn. Wiley-IEEE Press, pp. 35–66. doi: 10.1002/9781118841006.ch2.
- Li, J. (2019b) 'Evolution of Excitation Control', in *Design and Application of Modern Synchronous Generator Excitation Systems* 1st edn. ENGLISH: Wiley--IEEE Press, 2019, pp. 1–34