

Analysis The Effect of Excitation Current on Generator Reactive Power

Analisa Pengaruh Arus Eksitasi terhadap Daya Reaktif Generator

Agnesia Palit, Glanny Mangindaan, Novi Tulung

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia

e-mails: agnespalit16@gmail.com, glanny_m@unsrat.ac.id, novi.tulung@unsrat.ac.id

Received: 07 September 2023; revised: 15 March 2024; accepted: 11 May 2024

Abstract — *The output voltage changes at any time up or down will have an effect such as damage to generator components to overcome the instability of the voltage produced by the generator, a device is needed to regulate the excitation current, namely the Automatic Voltage Regulator (AVR) which works on the exciter, if the load decreases, the AVR will instruct the exciter to reduce the excitation current. A synchronous generator is an electrical machine that produces voltage and current (AC) by converting mechanical energy into electrical energy utilizing electromotive force (EMF). This study aims to analyze the effect of excitation current on generator reactive power. In this study, Lahendong Geothermal Power Plant uses an excitation system with brushes supplied by an excitation machine. Based on the data from the calculation of reactive power, the reactive power value obtained in the minimum of 3 samples is 2.96 MVAR, 2.97 MVAR, and 2.1 MVAR and at the same time the excitation current has increased by 15 Amperes so it can be concluded that the more reactive power increases, the excitation current also increases, therefore the excitation current will affect the value of the reactive power generated must be comparable.*

Keywords— *Automatic Voltage Regulator; Excitation Current; Generator; Output Voltage; Reactive Power*

Abstrak — *Tegangan keluaran berubah-ubah setiap saat naik atau turun akan memberikan dampak seperti kerusakan terhadap komponen generator dalam mengatasi ketidakstabilan tegangan yang dihasilkan generator diperlukan alat untuk mengatur arus eksitasi yaitu Automatic Voltage Regulator (AVR) yang bekerja pada eksiter, apabila beban berkurang maka AVR akan memerintahkan eksiter untuk mengurangi arus eksitasi. Generator sinkron merupakan mesin listrik yang menghasilkan tegangan dan arus (AC) dengan cara mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik memanfaatkan gaya gerak listrik (GGL). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh arus eksitasi terhadap daya reaktif generator. Pada penelitian ini PLTP Lahendong menggunakan sistem eksitasi dengan brush disuplai oleh mesin eksiter. Berdasarkan data hasil perhitungan daya reaktif didapat nilai daya reaktif yang diperoleh minimum dari 3 sampel sebesar 2.96 MVAR, 2.97 MVAR, dan 2.1 MVAR dan pada saat bersamaan arus eksitasi mengalami kenaikan sebesar 15 Ampere sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin meningkat daya reaktif maka arus eksitasi juga meningkat, Oleh karena itu arus eksitasi akan mempengaruhi nilai daya reaktif yang dihasilkan harus sebanding.*

Kata kunci— *Arus Eksitasi; Daya Reaktif; Generator; Pengatur Tegangan; Tegangan Keluaran*

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan tenaga listrik para pelanggan semakin bertambah dari waktu ke waktu agar dapat melayani kebutuhan tersebut

sehingga diperlukan sistem tenaga listrik yang harus dikembangkan seiring dengan kenaikan kebutuhan dan tenaga listrik dari pelanggan [1][2]. Tenaga listrik yang dikonsumsi oleh para pemakai harus segera dibangkitkan oleh generator karena energi listrik tidak dapat disimpan. Namun, pemakaian energi listrik sendiri senantiasa berubah-ubah dan setiap saat naik atau turun. Jadi, setiap unit pembangkit generator berkontribusi pada sistem interkoneksi dalam menghadapi kondisi sistem yang berbeda [3][4]. Perubahan tegangan *output* dapat menimbulkan berbagai pengaruh pada generator. Kondisi generator dapat mempengaruhi stabilitas sistem tenaga listrik secara umum. Stabilitas sistem tenaga menjadi masalah penting untuk mendukung sistem tenaga yang andal dan efisien [1][5].

Dalam menjaga kestabilan tegangan *output* dari generator, maka terdapat sistem eksitasi memiliki peran yang sangat penting dalam proses pembangkitan tenaga listrik, yaitu mengatur tegangan *output* generator agar selalu stabil sesuai standar nominal yang ditetapkan untuk tegangan lebih sebesar 5% dan tegangan rendah 10%. Jika tegangan *output* pada generator turun dari nilai nominal maka *automatic voltage regulator* atau AVR akan menaikkan arus eksitasi dari exciter sebagai penguat generator. Sebaliknya, jika tegangan terminal generator meningkat maka AVR dapat mengurangi arus eksitasi pada exciter.

A. Penelitian Terkait

Generator arus bolak-balik (AC), juga dikenal sebagai generator sinkron atau alternator merupakan mesin sinkron yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Prinsip kerja generator adalah induksi atau fluksi elektromagnetik [5].

Banyaknya jumlah putaran rotor sama dengan jumlah putaran medan magnet distator sehingga disebut sebagai generator sinkron selain itu kecepatan putaran rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar distator sehingga menghasilkan kecepatan sinkron. Kumparan medan pada generator sinkron yang terletak di rotor sedangkan kumparan jangkarnya terletak distator. Berdasarkan struktur generator terdapat tiga bagian utama; stator, rotor, dan celah udara bagian yang berputar [6].

Penguatan medan magnet dilakukan dengan mengalirkan arus searah pada belitan medan rotor generator sinkron. Berdasarkan prinsip elektromagnetik, rotor generator sinkron menyalurkan arus searah (DC), sehingga kumparan menjadi magnet dan menimbulkan fluks magnet. Dari penyaluran DC

dirotor generator sinkron, sistem eksitasi dibedakan menjadi 2 jenis yaitu sistem eksitasi dengan menggunakan sikat (*brush excitation*) yang dibagi lagi sistem eksitasi konvensional dengan eksitasi statis dan sistem eksitasi tanpa menggunakan sikat (*brushless excitation*) yang memakai sistem permanen magnet generator (PMG) [7].

Dalam sistem tenaga arus bolak-balik (AC) tiga fasa terdiri 4 jenis daya yakni, daya aktif atau active power, daya reaktif atau reactive power, daya semu/tampak atau apparent power dan daya kompleks [1].

B. Mesin Listrik Dinamis

Mesin listrik merupakan peralatan konversi energi elektromekanik yang bekerja dengan suatu media prantara yaitu medan magnetik yang terkandung dalam peralatan ini seperti motor listrik, generator listrik, transformator, dan peralatan lainnya [8].

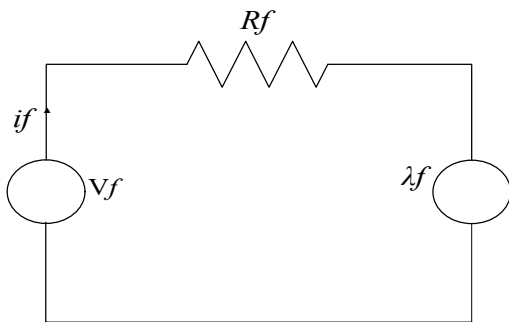
Berdasarkan mekanisme kerja mesin listrik terdapat dua jenis mesin listrik yaitu, statis dan dinamis. Mesin listrik statis tidak memiliki komponen bergerak seperti transformator sedangkan mesin listrik dinamis memiliki komponen bergerak seperti generator dan motor listrik.

Motor listrik merupakan motor yang bergerak secara horizontal dengan adanya tenaga listrik karena terdapat gaya dan torsi yang diberikan oleh energi utama. Gaya dan torsi elektromagnetik dicelah udara mesin menyebabkan motor listrik berputar sementara generator yang bekerja berdasarkan putaran medan dibagi menjadi dua yaitu, generator asinkron dan sinkron [9].

C. Generator Sinkron

Generator sinkron yang disebut dengan alternator merupakan mesin listrik arus bolak-balik (AC) menghasilkan arus dan tegangan bolak-balik bekerja dengan cara pengkonversian energi mekanik menjadi energi listrik dengan adanya induksi medan magnet [2][4]. Putaran rotor yang digerakkan oleh penggerak mula akan menghasilkan energi mekanik, sedangkan energi listrik diperoleh dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan rotor dan statornya [7].

Generator sinkron adalah frekuensi listrik yang dihasilkan sinkron dengan putaran mekanik generator tersebut [11], [12]. Kecepatan putaran rotor dengan kutub-kutub magnet berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar distator sehingga menghasilkan kecepatan sinkron.[5][6][10].



Gambar 1. Rangkaian Ekvivalen Sistem Eksitasi

D. Komponen Generator Sinkron

Secara umum struktur generator sinkron dibedakan atas tiga bagian-bagian utama yakni; stator, rotor dan celah udara [4].

a) Stator

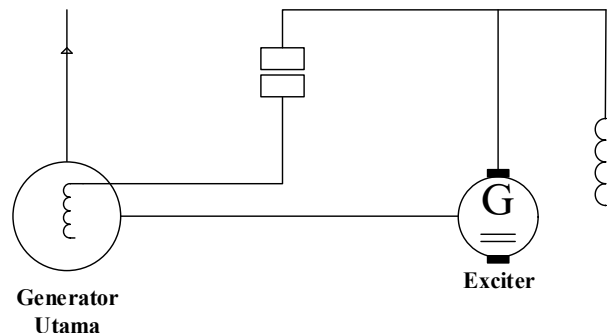
Armatur, juga dikenal sebagai stator merupakan komponen generator yang diam yang memiliki fungsi dalam menerima induksi magnet dari rotor [6]. Stator atau armatur berbentuk silinder dengan lilitan kawat konduktor yang sering digunakan untuk menyalurkan arus bolak-balik menuju beban. Lilitan armatur generator dalam wye dan titik netral dihubungkan ke tanah [7]. Selain itu, komponen ini memiliki slot yang memanjang didalamnya terdapat lilitan sering dikenal sebagai belitan jangkar atau *armature winding*. Stator dibagi menjadi beberapa bagian yakni, rangka stator, inti stator, *slot* dan kumparan stator atau jangkar.

b) Rotor

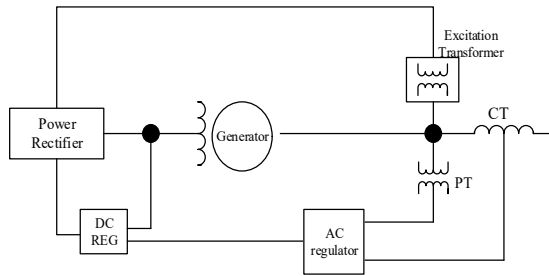
Rotor ialah komponen utama dari generator yang berputar dan sebagai tempat belitan medan arus eksitasi yang membentuk kemagnetan listrik kutub-kutub utara-selatan pada inti rotor. Kumparan jangkar pada rotor generator berfungsi untuk menghasilkan gaya gerak listrik yang disearahkan melalui komutator. Sumber listrik menghasilkan komutator yang dikeluarkan melalui sikat atau *brush*. Rotor dibagi lagi menjadi 3 bagian utama yakni; slip ring, kumparan rotor (kumparan medan) dan poros rotor [5][11].

E. Sistem Eksitasi pada Generator Sinkron

Sistem eksitasi adalah komponen penting dari generator sinkron yang berfungsi dalam pengatur generator pada pembangkitan tegangan listrik dan keluaran sendiri. Gaya gerak listrik (GGL) generator ditimbulkan karena adanya perpotongan medan magnet atau fluksi dengan konduktor. Medan magnetnya ini dapat berupa magnet buatan atau magnet permanen [5]. Sistem eksitasi memberikan arus searah pada rotor generator untuk memperkuat medan magnet sehingga generator bisa menimbulkan listrik [6]. Arus eksitasi ini merupakan arus yang mengalir melalui kutub magnet dengan mengatur besarnya nilai arus eksitasi sehingga bisa diperoleh nilai tegangan *output* generator dibutuhkan serta daya reaktifnya.



Gambar 2. Diagram Sistem Eksitasi Dinamik



Gambar 3 Diagram Sistem Eksitasi Statis

Pada Gambar 1. diatas menjelaskan tentang rangkaian ekvalen dengan sistem eksitasi yaitu tegangan eksitasi (V_f) dimasukkan pada rangkaian. Kumparan medan mempunyai resistansi medan (R_f) yang menghasilkan hubungan fluks dan stator (λ_f).

Sistem ini sangat penting untuk perkembangannya dan proses pembangkitan energi listrik. Sistem eksitasi ini dibagi jadi 2 jenis, yakni sistem eksitasi dengan menggunakan sikat atau *brush excitation* dan tanpa menggunakan sikat atau *brushless excitation* [7], [15].

1) Sistem Eksitasi dengan Sikat (*Brush Excitation*)

Sistem eksitasi *brush excitation* dengan dibagi lagi menjadi dua jenis tipe yaitu tipe eksitasi dinamik dan statis [7].

- a) Sistem eksitasi dinamik memiliki mesin eksiter yang menyuplai arus eksitasi. Dalam sistem ini, generator DC atau AC dapat dipakai, tetapi harus diserahkan oleh penyearah karena arus yang dipakai untuk sistem eksitasi ialah arus searah. Arus yang akan diarahkan pada *slip ring* dan kemudian didistribusikan dalam medan penguat generator kedua [14]. Diatas ini merupakan gambar 2. diagram sistem eksitasi dinamik.
- b) Sistem eksitasi disuplai dari generator sinkron itu sendiri namun harus diserahkan oleh penyearah terlebih dahulu karena itu disebut sistem eksitasi statis sebagai *self excitation* [5][12]. Medan magnet yang tersisa di rotor dapat menghasilkan tegangan pada stator, tegangan tersebut selanjutnya akan dimasukkan kembali ke rotor yang telah diserahkan sebelumnya oleh penyearah dan hasilnya medan magnet akan meningkat, mengakibatkan peningkatan tegangan di terminal. Sistem eksitasi statis dapat dilihat pada gambar 3.

2) Sistem Eksitasi Tanpa Sikat (*Brushless Excitation*)

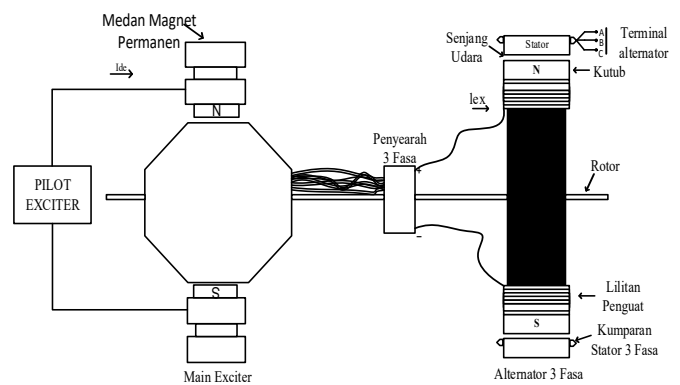
Sistem eksitasi *brushless excitation* memprioritaskan kinerja *pilot exciter* dan sistem tersebut akan mendistribusikan arus medan pada generator utama. *Pilot exciter* sendiri terdiri dari generator alternator atau ACC dengan kumparan 3 fasa pada stator serta medan magnet diporos rotor [5][11].

Pada gambar 4 merupakan diagram prinsip kerja pada eksitasi tanpa sikat.

F. Pengaruh Beban pada Sistem Eksitasi

Jenis beban yang terpasang dan faktor daya yang mempengaruhi perbedaan pengaruh arus jangkar, yaitu :

1) Beban Resistif



Gambar 4. Sistem Eksitasi Tanpa Sikat (*Brushless Excitation*)
 (Sumber : Rimbawati et, 2019)

Fluks medan yang dihasilkan oleh arus medan hanya mempengaruhi banyaknya tegangan keluaran generator dan beban resistif tersebut hanya mengkonsumsi daya nyata atau aktif [15]. Oleh karena itu, ketika generator dibebani dengan resistansi, tegangan terminal dan putaran penggerak starter akan turun. Sambil menjaga tegangan keluaran generator tetap konstan pada tegangan jaringan interkoneksi, fluks medan dapat ditingkatkan dengan meningkatkan jumlah arus medan yang disuntikkan ke kumparan medan.

2) Beban Induktif

Beban induktif murni dengan bersifat lagging, arus yang akan tertinggal dari tegangan sebesar 90° . Hal tersebut dapat menyebabkan fluks arus jangkar pada beban induktif murni melawan fluks medan tersebut, sehingga menimbulkan reaksi jangkar yang melemahkan fluks arus medan (*Demagnetisasi effect*) [12]. Seperti pada penjelasan sebelumnya, beban induktif hanya mengkonsumsi daya reaktif. Oleh karena itu generator harus meningkatkan daya reaktif (MVAR) yang dihasilkan, hal ini dapat dilakukan dengan cara meningkatkan jumlah arus medan yang disuntikkan ke kumparan medan generator untuk meningkatkan fluks medan.

3) Beban Kapasitif

Pada beban jenis kapasitif murni dengan bersifat leading, arus akan memimpin tegangan sebesar 90° . Hal ini terjadi dikarenakan fluks yang ditimbulkan oleh arus jangkar yang searah dengan fluks medan dapat menyebabkan reaksi jangkar bersifat *magnetising* yang artinya pengaruh reaksi jangkar akan memperbesar fluks arus medan [14]. Sehingga melalui terjadinya menguatnya fluks medan magnet pada kumparan generator. Hal ini dapat menyebabkan tegangan keluaran pada generator akan meningkat.

G. Automatic Voltage Regulator (AVR)

Automatic Voltage Regulator berperan dalam mengatasi tegangan keluaran generator tetap dalam kondisi stabil serta tidak dipengaruhi oleh perubahan beban yang bersifat berubah-ubah, karena tegangan terminal generator sangat dipengaruhi oleh beban. AVR mempunyai alat yang digunakan dalam membatasi antara penguat minimum dan maksimum dengan bekerja secara otomatis [6], sehingga prinsip kerja dari AVR adalah mengontrol arus penguatan (eksitasi) dieksiter. AVR

akan menambah nilai arus penguatan dieksiter jika nilai keluaran tegangan generator dalam batas nilai nominal. Sebaliknya jika tegangan keluaran generator lebih besar daripada nilai nominal tegangan generator maka AVR yang menurunkan besar arus diperkuat dieksiter [6]. Maka karena itu, Apabila tegangan *output* generator berubah maka AVR secara otomatis akan menstabilkan nilai arus yang diperkuat, AVR yang digunakan merupakan jenis thyristor yang sumber daya *input* berasal dari sumber 3 fasa trafo eksitasi yang kemudian disearahkan dengan *rectifier* yang terdiri dari penyearah thyristor yang dikendalikan oleh AVR dan mampu mendeteksi perubahan nilai tegangan *output* dibelitan stator pada generator utama oleh instrument pengukuran seperti *Potential transformer* dapat dibandingkan dengan tegangan nominal generator, perbandingan tegangan tersebut dilakukan oleh rangkaian komparator.

H. Daya

Daya listrik definisi sebagai kecepatan aliran energi listrik pada 1 titik pada jaringan listrik dalam satuan waktu [17], daya listrik adalah ukuran jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit. Pada segitiga daya merupakan hubungan antara daya reaktif, daya semu dan daya aktif atau nyata. Pada gambar 5 hubungan dari ketiga daya tersebut digambarkan dalam bentuk vektor.

Berikut persamaan (1) sistematis daya aktif.

$$P=V \times I \tag{1}$$

Keterangan :

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

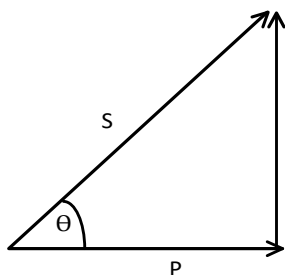
1) Daya Aktif (Active Power)

Daya aktif merupakan daya yang digunakan untuk energi nyata atau daya yang digunakan atau yang diserap. Daya aktif tersebut ialah daya yang tercatat dalam (kwh) meter contohnya listrik pada rumah-rumah daya ini juga yang wajib dibayar oleh pelanggan. Daya aktif sendiri mempunyai satuan yaitu Watt (W) [1][14].

Berikut persamaan (2) dan (3) sistematisnya :

$$P = V \times I \times \cos \theta \text{ (untuk 1 fasa)} \tag{2}$$

$$P=V \times I \times \cos \theta \times \sqrt{3} \text{ (untuk 3 fasa)} \tag{3}$$



Gambar 5. Vektor Hubungan Daya Reaktif, Daya Semu, dan Daya Aktif

2) Daya Reaktif (Reactive power)

Daya reaktif adalah suatu daya rugi-rugi atau daya yang hilang, yakni daya yang tidak diinginkan dan harus dihindari sebisa mungkin. Daya reaktif sendiri berasal dari komponen reaktif dan mempunyai satuan yaitu VAR [17]. Berdasarkan perhitungan fasa, daya reaktif ini ialah perkalian dari antara tegangan dengan arus serta nilai sin θ [1][14].

Berikut persamaan (4) dan (5) sistematisnya :

$$Q = V \times I \times \sin \theta \text{ (untuk 1 fasa)} \tag{4}$$

$$Q =V \times I \times \sin \theta \times \sqrt{3} \text{ (untuk 3 fasa)} \tag{5}$$

3) Daya Semu / Tampak (Apparent Power)

Daya semu adalah suatu daya nyata yang dihasilkan dari generator. Daya semu ini hasil perkalian dari daya aktif dan reaktif [1]. Daya semu sendiri mempunyai satuan yaitu VA [18].

Berikut persamaan (6), (7) dan (8) sistematisnya :

$$S = V \times I \text{ (untuk 1 fasa)} \tag{6}$$

$$S =V \times I \times \sqrt{3} \text{ (untuk 3 fasa)} \tag{7}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \tag{8}$$

II. DATA TEKNIS ULPLTP LAHENDONG

A. Spesifikasi Generator Sinkron ULPLTP Lahendong

Generator sinkron yang digunakan pada unit 1 ULPLTP Lahendong adalah generator sinkron jenis 3 fasa yang memiliki tegangan keluaran 11 kV. Tabel I merupakan spesifikasi dari generator unit 1 ULPLTP Lahendong.

TABEL I.
SPESIFIKASI GENERATOR SINKRON 3 FASA

No	Uraian	Data Teknis
1	Pabrik	Perancis dan Inggris
2	Tipe	T.180-180
3	No. Seri	500024
4	Tahun Pembuatan	1996
5	Pendinginan	Air
6	Daya Keluaran	25 MVA
7	Tegangan	11.000 Volt
8	Arus	1.312 A
9	Cos φ	0.8
10	Suhu Air	35°C
11	Putaran	3000 rpm
12	Frekuensi	50 Hz
13	Kelas Isolasi	F
14	Duty	Continuous
15	Eksitasi	171 Volt / 476 A
16	Standar	IEC. 34
17	Proteksi	IP. 55
18	Elevasi atau Ketinggian	< 1000 M

(Sumber : PT. PLN (PERSERO) ULPLTP Lahendong Unit 1)

B. Data Operasi Harian Generator Sinkron Unit 1 ULPLTP Lahendong

Tabel II, III dan tabel IV merupakan data operasi harian generator unit 1 ULPLTP Lahendong yang diambil tanggal 17-19 januari 2023.

TABEL II.
 DATA OPERASI GENERATOR TANGGAL 17 JANUARI 2023

Pukul	Daya Aktif	Power Faktor	Arus Generato	Tegangan Output	Arus Eksitasi	Tegangan Eksitasi	Pukul	Daya Aktif	Power Faktor	Arus Generato	Tegangan Output	Arus Eksitasi	Tegangan Eksitasi
00.30	15	0.88	907	10.8	12	13	13.30	15	0.98	803	10.8	14	16
01.00	15	0.88	904	10.8	12	13	14.00	15	0.98	800	10.8	15	16
01.30	15	0.88	906	10.8	12	13	14.30	15	0.98	799	10.8	15	16
02.00	15	0.88	903	10.8	12	13	15.00	15	0.98	796	10.8	15	16
02.30	15	0.88	907	10.8	12	13	15.30	15	0.98	797	10.8	15	16
03.00	15	0.88	906	10.8	12	13	16.00	15	0.98	796	10.8	15	16
03.30	15	0.88	905	10.8	12	13	16.30	15	0.98	801	10.8	14	16
04.00	15	0.88	902	10.8	12	13	17.00	15	0.98	800	10.8	14	16
04.30	15	0.88	900	10.8	12	13	17.30	15	0.98	804	10.8	14	15
05.00	15	0.88	899	10.8	12	13	18.00	15	0.98	805	10.8	14	15
05.30	15	0.88	899	10.8	12	13	18.15	15	0.96	808	10.8	14	15
06.00	15	0.88	900	10.8	12	13	18.30	15	0.96	809	10.8	14	15
06.30	15	0.88	900	10.8	12	13	18.45	15	0.96	811	10.8	14	15
07.00	15	0.89	900	10.8	12	13	19.00	15	0.96	819	10.8	13	15
07.30	15	0.89	869	10.8	12	13	19.15	15	0.95	820	10.8	13	15
08.00	15	0.92	862	10.8	12	13	19.30	15	0.95	822	10.8	13	15
08.30	15	0.93	837	10.8	13	15	19.45	15	0.95	825	10.8	13	15
09.00	15	0.96	811	10.8	14	15	20.00	15	0.95	822	10.8	13	15
09.30	15	0.96	810	10.8	14	15	20.30	15	0.95	830	10.8	13	14
10.00	15	0.97	809	10.8	14	15	21.00	15	0.95	833	10.8	13	14
10.30	15	0.98	805	10.8	14	16	21.30	15	0.94	811	10.8	13	14
11.00	15	0.98	804	10.8	14	16	22.00	15	0.94	830	10.8	13	14
11.30	15	0.98	798	10.8	14	16	22.30	15	0.9	895	10.8	12	13
12.00	15	0.98	800	10.8	14	16	23.00	15	0.9	894	10.8	12	13
12.30	15	0.98	800	10.8	14	16	23.30	15	0.91	873	10.8	13	14
13.00	15	0.98	802	10.8	14	16	24.00	15	0.91	872	10.8	13	14

TABEL III.
 DATA OPERASI GENERATOR TANGGAL 18 JANUARI 2023

Pukul	Daya Aktif	Power Faktor	Arus Generato	Tegangan Output	Arus Eksitasi	Tegangan Eksitasi	Pukul	Daya Aktif	Power Faktor	Arus Generato	Tegangan Output	Arus Eksitasi	Tegangan Eksitasi
00.30	15	0.9	879	10.8	12	14	13.30	15	0.98	799	10.8	14.7	16.1
01.00	15	0.9	883	10.8	12	14	14.00	15	0.98	799	10.8	14.7	16.1
01.30	15	0.9	885	10.8	12	13	14.30	15	0.98	800	10.8	14.5	15.9
02.00	15	0.89	892	10.8	12	13	15.00	15	0.98	802	10.8	14.7	16.1
02.30	15	0.89	887	10.8	12	13	15.30	15	0.98	803	10.8	14	16
03.00	15	0.89	889	10.8	12	13	16.00	15	0.98	802	10.8	14	16
03.30	15	0.89	893	10.8	12	13	16.30	15	0.98	803	10.8	14	16
04.00	15	0.89	890	10.8	12	13	17.00	15	0.98	801	10.8	14	16
04.30	15	0.88	897	10.8	12	13	17.30	15	0.98	800	10.8	14	16
05.00	15	0.88	900	10.8	12	13	18.00	15	0.98	803	10.8	14	16
05.30	15	0.88	899	10.8	12	13	18.15	15	0.98	805	10.8	14	16
06.00	15	0.88	904	10.8	12	13	18.30	15	0.98	809	10.8	14	15
06.30	15	0.88	906	10.8	12	13	18.45	15	0.98	810	10.8	14	15
07.00	15	0.89	894	10.8	12	13	19.00	15	0.98	812	10.8	14	15
07.30	15	0.89	893	10.8	12	13	19.15	15	0.96	827	10.8	14	15
08.00	15	0.9	875	10.8	12	14	19.30	15	0.96	834	10.8	14	15
08.30	15	0.93	853	10.8	13.4	14.7	19.45	15	0.96	837	10.8	13	15
09.00	15	0.93	843	10.8	13.6	14.9	20.00	15	0.94	851	10.8	13	14
09.30	15	0.94	839	10.8	13.6	14.8	20.30	15	0.94	862	10.8	13	14
10.00	15	0.94	829	10.8	13.9	15.3	21.00	15	0.94	867	10.8	13	14
10.30	15	0.96	822	10.8	14.1	15.5	21.30	15	0.94	865	10.8	13	14
11.00	15	0.97	817	10.8	14.2	15.6	22.00	15	0.91	886	10.8	13	14
11.30	15	0.97	815	10.8	14.1	15.6	22.30	15	0.91	891	10.8	13	14
12.00	15	0.97	815	10.8	14.2	15.7	23.00	15	0.9	898	10.8	13	14
12.30	15	0.98	802	10.8	14.9	16.3	23.30	15	0.89	901	10.8	12	13

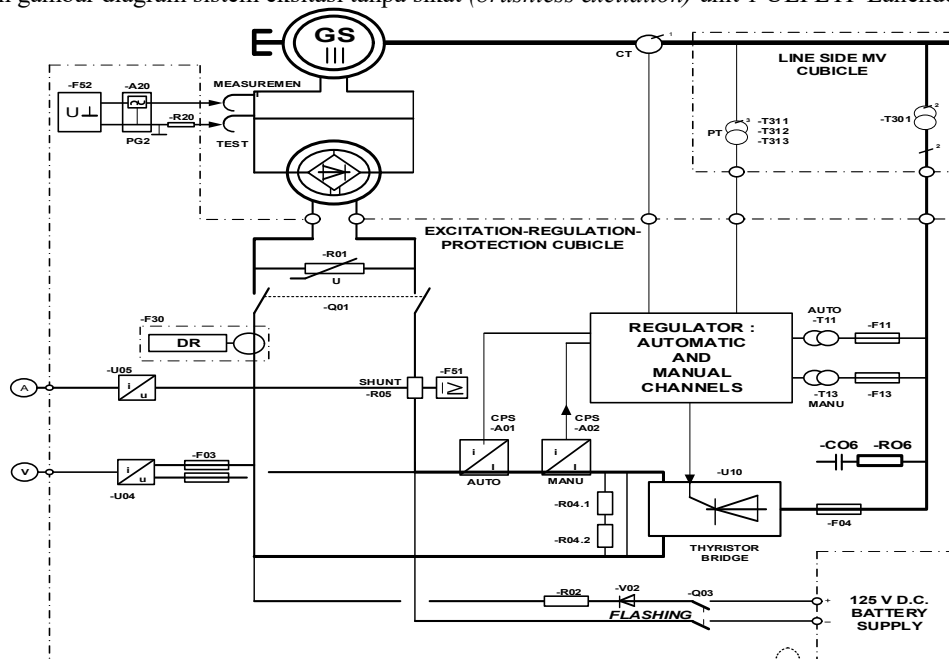
Pukul	Daya Aktif	Power Faktor	Arus Generato	Tegangan Output	Arus Eksitasi	Tegangan Eksitasi	Pukul	Daya Aktif	Power Faktor	Arus Generato	Tegangan Output	Arus Eksitasi	Tegangan Eksitasi
00.30	15	0.89	901	10.9	12	13	13.30	15	0.99	795	10.8	15	16
01.00	15	0.88	902	10.9	12	13	14.00	15	0.99	795	10.8	15	16
01.30	15	0.88	901	10.9	12	13	14.30	15	0.99	793	10.8	15	16
02.00	15	0.88	904	10.9	12	13	15.00	15	0.99	793	10.8	15	16
02.30	15	0.88	903	10.9	12	13	15.30	15	0.98	793	10.8	15	16
03.00	15	0.88	905	10.9	12	13	16.00	15	0.98	792	10.8	15	16
03.30	15	0.88	899	10.8	12	13	16.30	15	0.98	795	10.8	15	16
04.00	15	0.88	897	10.8	12	13	17.00	15	0.97	798	10.8	15	16
04.30	15	0.89	898	10.8	12	13	17.30	15	0.97	797	10.8	14	15
05.00	15	0.89	895	10.8	12	13	18.00	15	0.97	808	10.8	14	15
05.30	15	0.89	849	10.8	12	13	18.15	15	0.97	810	10.8	14	15
06.00	15	0.89	892	10.8	12	13	18.30	15	0.97	814	10.8	14	15
06.30	15	0.89	887	10.8	12	13	18.45	15	0.96	823	10.8	14	15
07.00	15	0.89	885	10.8	12	13	19.00	15	0.96	825	10.8	14	15
07.30	15	0.89	886	10.8	12	13	19.15	15	0.96	831	10.8	14	15
08.00	15	0.9	885	10.8	12	13	19.30	15	0.95	836	10.8	14	15
08.30	15	0.9	862	10.8	13	14	19.45	15	0.95	839	10.8	14	15
09.00	15	0.91	835	10.8	13	15	20.00	15	0.93	842	10.8	13	14
09.30	15	0.95	833	10.8	13	15	20.30	15	0.93	848	10.8	13	14
10.00	15	0.96	826	10.8	14	15	21.00	15	0.9	855	10.8	13	14
10.30	15	0.97	820	10.8	14	15	21.30	15	0.9	863	10.8	13	14
11.00	15	0.97	815	10.8	14	15	22.00	15	0.9	867	10.8	13	14
11.30	15	0.98	803	10.8	14	16	22.30	15	0.9	890	10.8	12	13
12.00	15	0.98	804	10.8	14	16	23.00	15	0.9	892	10.8	12	13
12.30	15	0.98	800	10.8	14	16	23.30	15	0.89	900	10.8	12	13
13.00	15	0.98	797	10.8	15	16	24.00	15	0.89	900	10.8	12	13

(Sumber : PT. PLN (PERSERO) ULPLTP Lahendong Unit 1)

Pada Tabel II, III dan IV diatas menunjukkan data operasi generator unit 1 PLTP Lahendong, data tersebut terdiri dari daya aktif, faktor daya, arus dan tegangan keluaran generator, arus dan tegangan eksitasi generator. Daya aktif relatif dalam keadaan konstan dengan nilai 15 MW karena mekanis turbin dan pengaturan frekuensi penggerak pemula memengaruhi daya aktif dan berpengaruh pada besar nilai $\cos \phi$ yang dihasilkan oleh generator.

C. Single Line Diagram Sistem Eksitasi Generator ULPLTP Lahendong

Berikut merupakan gambar diagram sistem eksitasi tanpa sikat (*brushless excitation*) unit 1 ULPLTP Lahendong.



Gambar 6. One Line Diagram Sistem Eksitasi
 (Sumber : PT. PLN (PERSERO) ULPLTP Lahendong Unit 1)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Daya Reaktif

Dalam mencari besar daya reaktif pada setiap nilai. dapat menggunakan rumus berdasarkan persamaan (5).

Berikut merupakan perhitungan daya reaktif jam 00.30 dari data tabel II :

$$Q = V \times I \times \sin \phi \times \sqrt{3}$$

$$Q = 10.800 \times 907 \times \sin 0.48 \times \sqrt{3}$$

$$Q = 8.050 \text{ VAR} = 8 \text{ MVAR}$$

Untuk perhitungan jam selanjutnya dapat dilihat pada tabel 5.

Berikut merupakan perhitungan daya reaktif jam 00.30 dari data tabel III :

$$Q = V \times I \times \sin \phi \times \sqrt{3}$$

$$Q = 10.800 \times 879 \times \sin 0.44 \times \sqrt{3}$$

$$Q = 7.158 \text{ VAR} = 7 \text{ MVAR}$$

Untuk perhitungan jam selanjutnya dapat dilihat pada tabel 6.

Berikut merupakan perhitungan daya reaktif jam 00.30 dari data tabel IV :

$$Q = V \times I \times \sin \phi \times \sqrt{3}$$

$$Q = 10.900 \times 901 \times \sin 0.46 \times \sqrt{3}$$

$$Q = 7.748 \text{ VAR} = 8 \text{ MVAR}$$

Untuk perhitungan jam selanjutnya dapat dilihat pada tabel 7.

TABEL V.
 HASIL PERHITUNGAN DAYA REAKTIF

Jam	VAR	Jam	VAR	Jam	VAR	Jam	VAR
00.30	8.050	07.00	7.668	13.30	2.986	19.00	4.285
01.00	8.023	07.30	7.404	14.00	2.975	19.15	4.783
01.30	8.041	08.00	6.311	14.30	2.971	19.30	4.794
02.00	8.014	08.30	5.747	15.00	2.960	19.45	4.812
02.30	8.050	09.00	4.243	15.30	2.964	20.00	4.794
03.00	8.041	09.30	4.237	16.00	2.960	20.30	4.841
03.30	8.032	10.00	3.675	16.30	2.979	21.00	4.859
04.00	8.005	10.30	2.993	17.00	2.975	21.30	5.168
04.30	7.988	11.00	2.990	17.30	2.990	22.00	5.289
05.00	7.979	11.30	2.967	18.00	2.993	22.30	7.289
05.30	7.979	12.00	2.975	18.15	4.227	23.00	7.280
06.00	7.988	12.30	2.975	18.30	4.232	23.30	6.764
06.30	7.988	13.00	2.982	18.45	4.243	24.00	6.756

TABEL VI.
 HASIL PERHITUNGAN DAYA REAKTIF

Jam	VAR	Jam	VAR	Jam	VAR	Jam	VAR
00.30	7.158	07.00	7.617	13.30	2.971	19.00	3.020
01.00	7.191	07.30	7.608	14.00	2.971	19.15	4.326
01.30	7.207	08.00	7.126	14.30	2.975	19.30	4.363
02.00	7.600	08.30	5.857	15.00	2.982	19.45	4.379
02.30	7.557	09.00	5.788	15.30	2.986	20.00	5.422
03.00	7.574	09.30	5.346	16.00	2.982	20.30	5.493
03.30	7.608	10.00	5.282	16.30	2.986	21.00	5.524
04.00	7.583	10.30	4.300	17.00	2.979	21.30	5.512
04.30	7.961	11.00	3.711	17.30	2.975	22.00	6.865
05.00	7.988	11.30	3.702	18.00	2.986	22.30	6.904
05.30	7.979	12.00	3.702	18.15	2.993	23.00	7.313
06.00	8.023	12.30	2.982	18.30	3.008	23.30	7.677

06.30	8.041	13.00	2.975	18.45	3.012	24.00	8.032
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Berdasarkan Tabel V hasil perhitungan daya reaktif pada tanggal 17 Januari 2023 menunjukkan permintaan beban induktif meningkat sampai pada nilai 8 MVAR, menurun pada nilai 2.9 MVAR dan rata-rata nilai daya reaktif yaitu 5 MVAR, hubungan antara arus eksitasi dengan daya reaktif pada hari ini dapat dilihat selengkapnya pada gambar 7.

Berdasarkan Tabel 6 hasil perhitungan daya reaktif pada tanggal 18 Januari 2023 menunjukkan permintaan beban induktif meningkat sampai pada nilai 8 MVAR, menurun pada nilai 2.9 MVAR dan rata-rata nilai daya reaktif yaitu 5 MVAR, hubungan antara arus eksitasi dengan daya reaktif pada hari ini dapat dilihat selengkapnya pada gambar 8.

Berdasarkan Tabel 7 hasil perhitungan daya reaktif pada tanggal 19 Januari 2023 menunjukkan permintaan beban induktif meningkat sampai pada nilai 8 MVAR, menurun pada nilai 2 MVAR dan rata-rata nilai daya reaktif yaitu 5 MVAR, hubungan antara arus eksitasi dengan daya reaktif pada hari ini dapat dilihat selengkapnya pada gambar 9.

B. Perhitungan Daya Semu

Dalam menentukan besarnya nilai daya semu yang dihasilkan oleh generator, besarnya pengaturan nilai arus eksitasi generator sangat bergantung [16]. Untuk mengetahui daya semu yang dihasilkan oleh generator dapat dihitung pada persamaan (7).

Berikut merupakan perhitungan daya semu jam 00.30 dari data tabel 2:

$$S = V \times I \times \sqrt{3}$$

$$S = 10.800 \times 907 \times \sqrt{3}$$

$$S = 16.946 \text{ VAR} = 17 \text{ MVAR}$$

Untuk perhitungan data jam selanjutnya ditampilkan pada tabel VIII.

Berikut merupakan perhitungan daya semu jam 00.30 dari data tabel III:

$$S = V \times I \times \sqrt{3}$$

$$S = 10.800 \times 879 \times \sqrt{3}$$

$$S = 16.423 \text{ VAR} = 16 \text{ MVAR}$$

TABEL VII.
 HASIL PERHITUNGAN DAYA REAKTIF

Jam	VAR	Jam	VAR	Jam	VAR	Jam	VAR
00.30	7.748	07.00	7.540	13.30	2.095	19.00	4.316
01.00	8.079	07.30	7.549	14.00	2.095	19.15	4.347
01.30	8.070	08.00	7.207	14.30	2.090	19.30	4.876
02.00	8.097	08.30	7.020	15.00	2.090	19.45	4.894
02.30	8.088	09.00	6.470	15.30	2.949	20.00	5.781
03.00	8.106	09.30	4.859	16.00	2.945	20.30	5.822
03.30	7.979	10.00	4.321	16.30	2.956	21.00	6.963
04.00	7.961	10.30	3.725	17.00	3.625	21.30	7.028
04.30	7.651	11.00	3.702	17.30	3.620	22.00	7.061
05.00	7.625	11.30	2.986	18.00	3.670	22.30	7.248
05.30	7.234	12.00	2.990	18.15	3.679	23.00	7.264

06.00	7.600	12.30	2.975	18.30	3.697	23.30	7.668
06.30	7.557	13.00	2.964	18.45	4.305	24.00	7.668

Untuk perhitungan data jam selanjutnya dapat dilihat pada tabel IX.

Berikut merupakan perhitungan daya semu jam 00.30 dari data Tabel IV:

$$S = V \times I \times \sqrt{3}$$

$$S = 10.900 \times 901 \times \sqrt{3}$$

$$S = 16.990 \text{ VAR} = 17 \text{ MVAR}$$

Untuk perhitungan data jam selanjutnya dapat dilihat pada tabel X.

TABEL VIII.
HASIL PERHITUNGAN DAYA SEMU

Jam	VA	Jam	VA	Jam	VA	Jam	VA
00.30	16946	07.00	16816	13.30	15003	19.00	15302
01.00	16890	07.30	16236	14.00	14947	19.15	15321
01.30	16928	08.00	16106	14.30	14929	19.30	15358
02.00	16872	08.30	15639	15.00	14872	19.45	15414
02.30	16946	09.00	15153	15.30	14891	20.00	15358
03.00	16928	09.30	15134	16.00	14872	20.30	15508
03.30	16909	10.00	15115	16.30	14966	21.00	15564
04.00	16853	10.30	15041	17.00	14947	21.30	15153
04.30	16816	11.00	15022	17.30	15022	22.00	15508
05.00	16797	11.30	14910	18.00	15041	22.30	16722
05.30	16797	12.00	14947	18.15	15097	23.00	16703
06.00	16816	12.30	14947	18.30	15115	23.30	16311
06.30	16816	13.00	14985	18.45	15153	24.00	16292

TABEL IX.
HASIL PERHITUNGAN DAYA SEMU

Jam	VA	Jam	VA	Jam	VA	Jam	VA
00.30	16423	07.00	16703	13.30	14928	19.00	15171
01.00	16498	07.30	16685	14.00	14928	19.15	15452
01.30	16535	08.00	16348	14.30	14947	19.30	15582
02.00	16666	08.30	15937	15.00	14985	19.45	15638
02.30	16572	09.00	15751	15.30	15003	20.00	15900
03.00	16610	09.30	15676	16.00	14985	20.30	16106
03.30	16685	10.00	15489	16.30	15003	21.00	16199
04.00	16629	10.30	15358	17.00	14966	21.30	16162
04.30	16759	11.00	15265	17.30	14947	22.00	16554
05.00	16816	11.30	15227	18.00	15003	22.30	16647
05.30	16797	12.00	15227	18.15	15041	23.00	16778
06.00	16890	12.30	14985	18.30	15115	23.30	16834
06.30	16928	13.00	14947	18.45	15134	24.00	16909

TABEL X.
HASIL PERHITUNGAN DAYA SEMU

Jam	VA	Jam	VA	Jam	VA	Jam	VA
00.30	16990	07.00	16535	13.30	14854	19.00	15414
01.00	17009	07.30	16554	14.00	14854	19.15	15526
01.30	16990	08.00	16535	14.30	14816	19.30	15620
02.00	17047	08.30	16106	15.00	14816	19.45	15676
02.30	17028	09.00	15601	15.30	14816	20.00	15732
03.00	17066	09.30	15564	16.00	14798	20.30	15844
03.30	16797	10.00	15433	16.30	14854	21.00	15975
04.00	16759	10.30	15321	17.00	14910	21.30	16124
04.30	16778	11.00	15227	17.30	14891	22.00	16199
05.00	16722	11.30	15003	18.00	15097	22.30	16629
05.30	15863	12.00	15022	18.15	15134	23.00	16666

06.00	16666	12.30	14947	18.30	15209	23.30	16816
06.30	16573	13.00	14891	18.45	15377	24.00	16816

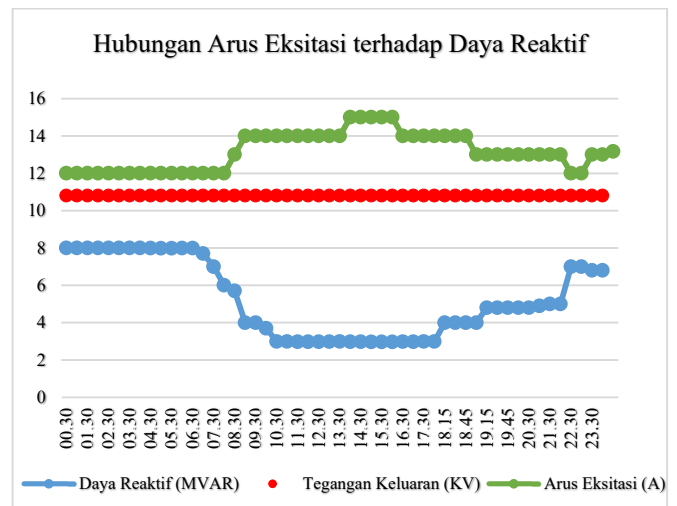
Berdasarkan Tabel VIII hasil perhitungan daya semu pada tanggal 17 Januari 2023 menunjukkan nilai tertinggi daya semu yaitu 16.9 MVA, menurun pada nilai 14.8 MVA dan rata-rata nilai daya semu yaitu 15.7 MVA.

Berdasarkan Tabel IX hasil perhitungan daya semu pada tanggal 18 Januari 2023 menunjukkan nilai tertinggi daya semu yaitu 16.9 MVA, menurun pada nilai 14.9 MVA dan rata-rata nilai daya semu yaitu 15.9 MVA.

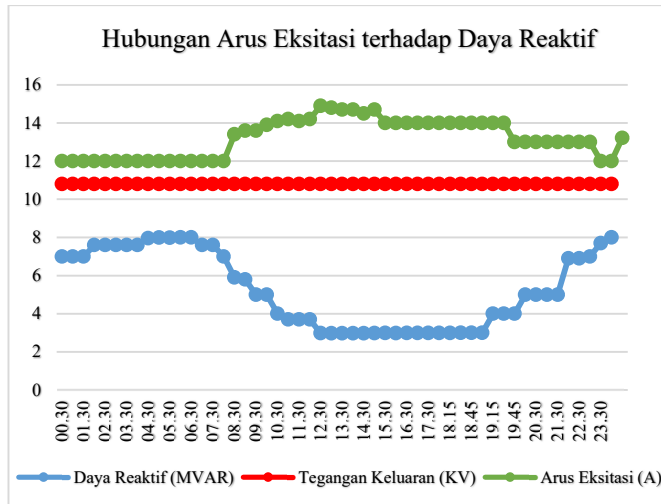
Berdasarkan Tabel X hasil perhitungan daya semu pada tanggal 19 Januari 2023 menunjukkan nilai tertinggi daya semu yaitu 17 MVA, menurun pada nilai 14.8 MVA dan rata-rata nilai daya semu yaitu 15.9 MVA.

C. Hubungan antara Perubahan Arus Eksitasi terhadap Daya Reaktif.

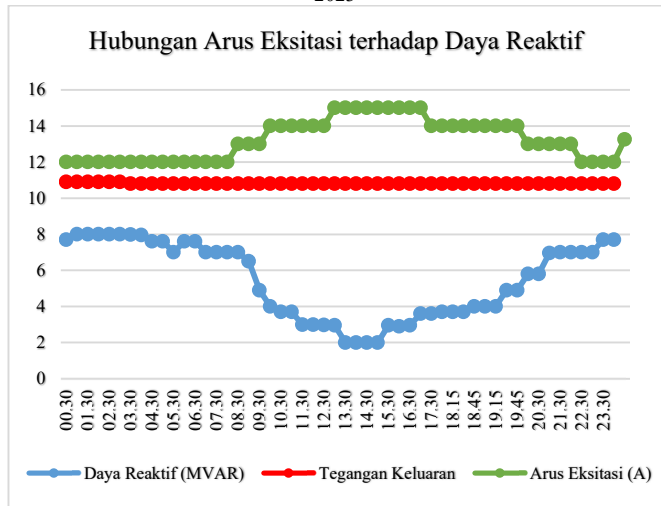
Berdasarkan hasil perhitungan diatas diperoleh hubungan grafik antara arus eksitasi dengan daya reaktif seperti pada gambar berikut.



Gambar 7. Grafik Hubungan Arus Eksitasi terhadap Daya Reaktif 17 Januari 2023



Gambar 8. Grafik Hubungan Arus Eksitasi terhadap Daya Reaktif 18 Januari 2023



Gambar 9. Grafik Hubungan Arus Eksitasi terhadap Daya Reaktif 19 Januari 2023

Berdasarkan gambar 7 diperoleh bahwa arus eksitasi relatif meningkat sebesar 15 A dibandingkan dengan daya reaktif yang mengalami penurunan pada nilai 2.96 MVAR tetapi kondisi tegangan keluaran sendiri masih dalam batas normal tidak mengalami kenaikan ataupun penurunan yaitu 11 kV.

Dari gambar 8 diperoleh bahwa arus eksitasi relatif meningkat sebesar 14.9 A dibandingkan dengan daya reaktif yang mengalami penurunan pada nilai 2.97 MVAR tetapi kondisi tegangan keluaran sendiri masih dalam batas normal tidak mengalami kenaikan ataupun penurunan yaitu 11 kV.

Dari gambar 9 diperoleh bahwa arus eksitasi relatif meningkat sebesar 15 A dibandingkan dengan daya reaktif yang mengalami penurunan pada nilai 2 MVAR tetapi kondisi tegangan keluaran sendiri masih dalam batas normal tidak mengalami kenaikan ataupun penurunan yaitu 11 kV.

Daya reaktif sangat berpengaruh dalam menjaga kecepatan tegangan *output* tetap pada nilai nominal tidak mengalami kenaikan ataupun penurunan yang begitu signifikan. Semakin meningkat daya reaktif maka arus eksitasi yang disuplai melalui

AVR juga akan menghasilkan peningkatan karena itu arus eksitasi mempengaruhi nilai dari daya reaktif yang dihasilkan harus seimbang.

Sistem eksitasi yang digunakan pada generator sinkron di PLTP Lahendong yaitu tipe eksitasi tanpa sikat (*brushless excitation*).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa sistem eksitasi yang digunakan oleh generator PLTP Lahendong unit 1 yaitu tanpa sikat (*brushless excitation*) dalam keadaan normal. Sistem eksitasi ini menunjukkan bahwa arus eksitasi yang disuplai oleh AVR harus lebih banyak agar daya reaktif pada generator meningkat sehingga berpengaruh pada perubahan nilai tegangan keluaran generator tetap stabil dalam keadaan konstan dan tetap pada batas nominal generator 11 kV tidak mengalami kenaikan ataupun penurunan yang signifikan.

Arus eksitasi sebagai penyebab tegangan keluaran generator dan daya reaktif memiliki batas tertinggi dan batas rendah juga mempengaruhi variasi nilai beban pada besarnya daya reaktif karena itu arus eksitasi akan mempengaruhi nilai daya reaktif, tegangan keluaran dan faktor daya yang dihasilkan.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kiranya dapat menjadi referensi pada penulis selanjutnya dalam pengembangan pengujian pengaruh eksitasi terhadap faktor daya dan peningkatan daya reaktif dapat dikaji dan diamati lebih lanjut untuk pengembangan penelitian pada pembangkit-pembangkit lain.

V. KUTIPAN

- [1] M. Harahap, "Pengaruh Perubahan Variasi Eksitasi Tegangan Terhadap Daya Reaktif Pada Generator," *RELE Rekayasa Elektr. Dan Energi J. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 71–76, Jan. 2021, doi: <https://doi.org/10.30596/rele.v3i2.6485>.
- [2] A. D. Prok, H. Tumaliang, and M. Pakiding, "Penataan Dan Pengembangan Instalasi Listrik Fakultas Teknik UNSRAT 2017," vol. 7, no. 3, 2018.
- [3] Dede Furqon Nurjaman, "Analisis Pengaruh Sistem Eksitasi Terhadap Tegangan Keluaran Generator Sinkron Mini Hydro," *Epsil. J. Electr. Eng. Inf. Technol.*, vol. 19, no. 3, pp. 85–88, Jan. 2022, doi: [10.55893/epsilon.v19i3.71](https://doi.org/10.55893/epsilon.v19i3.71).
- [4] Hamdan Rizal Maulana, Agus Suandi, and Helmizar, "Pengaruh Pembebanan Terhadap Arus Eksitasi Pada Generator," *Rekayasa Mek.*, vol. 6, no. 2, pp. 63–70, Oct. 2022, doi: [10.33369/rekayasamekanika.v6i2.25458](https://doi.org/10.33369/rekayasamekanika.v6i2.25458).
- [5] Armansyah and Sudaryanto, "Pengaruh Penguatan Medan Generator Sinkron Terhadap Tegangan Terminal," *J. Electr. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 48–55, Jun. 2016.
- [6] A. Nurdin, A. Azis, and R. A. Rozal, "Peranan Automatic Voltage Regulator Sebagai Pengendali Tegangan Generator Sinkron," *J. Ampere*, vol. 3, no. 1, p. 163, Jun. 2018, doi: [10.31851/ampere.v3i1.2144](https://doi.org/10.31851/ampere.v3i1.2144).
- [7] Miftah Farhan, "Pengaruh Pembebanan Terhadap Arus Eksitasi Generator Unit 2 Pltmh Curug," *J. Simetrik*, vol. 11, no. 1, pp. 398–403, Aug. 2021, doi: [10.31959/js.v11i1.653](https://doi.org/10.31959/js.v11i1.653).
- [8] Y. Liklikwatil, *Mesin-mesin Listrik*, 1st ed. Jl. Elang 3, No 3, Drono,

- Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman, Yogyakarta: DEEPUBLISH, 2014. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=DHc6DAAAQBAJ&lpg=PR4&ots=avKpZb4VYya&d=q=mesin%20listrik%20dinamik&lr&hl=id&pg=PR4#v=onepage&q&f=true>
- [9] E. Zondra, . A., and U. Situmeang, “Studi Perubahan Eksitasi dengan Beban Lampu Hemat Energi pada Hubungan Belitan Generator Sinkron,” *SainETHn*, vol. 1, no. 2, pp. 9–16, Sep. 2017, doi: 10.31849/sainetin.v1i2.215.
- [10] Ir. D. Marsudi, *Pembangkitan Energi Listrik*. Jl. H. Baping Raya No. 100 Ciracas, Jakarta: PENERBIT ERLANGGA, 2005. [Online]. Available: <http://www.erlangga.co.id>
- [11] R. Kambey, “Simulasi Keamanan Kerja Generator PLTP Lahendong 4,” *Jurnal Tek. Elektro Dan Komput. JTEK*, vol. 1, no. 3, pp. 1–12, doi: <https://doi.org/10.35793/jtek.v1i3.612>.
- [12] Y. H. Istanto, “Analisis Pengaruh Arus Eksitasi pada Generator Sinkron Terhadap Pembebanan di PLTA Wlingi PT PJB UP Brantas,” *J. Tek.*, vol. 9, no. 1, pp. 43–55, Mar. 2019.
- [13] I. A. Mina and Mokh. S. Fahmi, “Suplay Eksitasi Output Generator 300 MW Menggunakan Metode Pola Titik Daya Reaktif,” *J. Mech. Eng. Mechatron.*, vol. 5, no. 1, p. 11, Apr. 2020, doi: 10.33021/jmem.v5i1.983.
- [14] M. Saleh, “Analisa Pengaruh Perubahan Eksitasi Terhadap Daya Reaktif Generator,” Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2019.
- [15] P. C. Tobuhu, “Penjadwalan Generator yang Optimal dengan Memperhatikan Keamanan Kerja Generator,” *Jurnal Tek. Elektro Dan Komput. JTEK*, 2015.
- [16] S. A. Putra and D. B. Santoso, “Analisis Pengaruh Arus Eksitasi terhadap Daya Reaktif Generator Sinkron Unit 3 Plta Ubrug,” *J. Disprotek*, vol. 13, no. 2, pp. 113–122, Jul. 2022, doi: 10.34001/jdpt.v13i2.3160.
- [17] Rimbawati, P. Harahap, and K. U. Putra, “Analisis Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Karakteristik Generator (Aplikasi Laboratorium Mesin-Mesin Listrik Fakultas Teknik-Umsu),” *RELE Rekayasa Elektr. Dan Energi J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 37–44, Jul. 2019, doi: 10.30596/rele.v2i1.3647.
- [18] G. Musyhar, “Kualitas Listrik dan Perbaikan Faktor Daya pada Beban Listrik Rumah Tangga Menggunakan Kapasitor,” *J. Cahaya Bagaskara*, vol. 2, no. 1, 2017.



Agnesia S. V. Palit, penulis adalah anak kedua dari dua bersaudara, lahir di Tumobui, Sulawesi Utara pada tanggal 16 November 2001. Penulis menempuh pendidikan pertama di sekolah Taman Kanak-kanak Kristen 2 Victory Tumobui tahun 2006 sampai 2007, kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Dasar Kristen Tumobui pada tahun 2007 sampai

2013, selanjutnya penulis masuk ke Sekolah Menengah Pertama Negeri 5 Kotamobagu pada tahun 2013 sampai 2016, lalu melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Kotamobagu pada tahun 2016 hingga lulus di tahun 2019. Pada tahun 2019 penulis memulai pendidikan di Universitas Sam Ratulangi, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro dengan mengambil Konsentrasi Minat Teknik Tenaga Listrik pada tahun 2021. Saat menempuh pendidikan penulis melaksanakan Kerja Praktek di PT. Jago Elfah Anugrah pada bulan Juni-Agustus tahun 2022, mengikuti Program Kreatifitas Mahasiswa Penerapan Iptek tahun 2022 dan tergabung dalam kepengurusan organisasi Himpunan Mahasiswa Elektro.