

# **ANALISIS SISTEM EKSITASI TERHADAP PERFORMA GENERATOR SINKRON DI PLTU SURALAYA**

**Ari Sentosa**

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Email: arisentosa09@gmail.com

## **ABSTRACT**

*PLTU Suralaya unit 3 is a steam power plant with capability of 400 MW generation. As the larger power plant unit, it is a must to have a generator with a large capacity to be able to evoke or produce electrical power. The generator can evoke the power because it is supported by the excitation system where can be functioned to afford the inline direction on terrain found of the rotor and will be able to produce a flux of magnet. When the anchor coils field distributed with stator excitation plays with a certain speed, the coil in the stator anchor will be induced by the magnetic fluxes, so that it will be generated voltage-back and forth. The production of a system voltages depends on the magnitude of the excitation provided on the rotor. In order to avoid damage on the generator, the technician or Labor have to understand the characteristics of excitation system, current excitation, and the percentage voltage supply on the generator. Excitation system greatly affects the loading on the generator. When the load is increase, the voltage will drop the chain that causes the generator voltage slowing down. Based on the calculation of the percentage voltage supply, the highest voltage value of the generator calculated on the point of IE +2.83% where the value loading 265.18 MW and voltage generator 23.65 kV, and the lowest value recorded minus 1.87% where the value of loading 399.19 MW and voltage generator 22.57 kV. From those condition it can be inferred that the supply voltage synchronous generators in Suralaya PLTU unit 3 are in safe condition based on standard PLN i.e. on condition -5% and +10%. Therefore, by understanding the characteristics and parameters of the voltage supply generator percentages, can be conclude that, the excitation influence on the performance of the generator were under the condition of over excitation.*

**Keywords:** *Excitation System, Excitation Flow, Synchronous Generator*

## 1. Pendahuluan

Tenaga listrik merupakan salah satu energi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat dunia. Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin meningkat, tingkat kebutuhan akan tenaga listrik setiap hari juga semakin meningkat dalam setiap aktivitas manusia dan industri. Energi listrik yang dibutuhkan oleh pembebanan setiap harinya tidak tetap. Hal ini menyebabkan beban yang diterima oleh generator akan berubah-ubah sehingga akan mempengaruhi sistem ketenagalistrikkannya.

Sistem eksitasi pada generator memiliki fungsi yang sangat penting dalam proses pembangkitan karena tujuan dari sistem eksitasi pada generator adalah untuk mengendalikan tegangan keluaran dari generator supaya tetap stabil terhadap beban. Oleh karena itu, suatu pembangkit tenaga listrik harus mampu membangkitkan daya listrik sesuai dengan besarnya beban yang berubah-ubah tersebut. Pada pembangkit tenaga listrik, fluktuasi dapat diatasi dengan mengatur arus eksitasi yang disuplai ke rotor generator dengan putaran rotor yang konstan, sehingga akan dihasilkan daya listrik yang sesuai dengan pembebanan yang diterapkan.

Pada generator gangguan yang sering terjadi meliputi gangguan pada rotor, stator, mesin penggerak dan *back up* instalasi diluar generator (Tobing, 2010). Berdasarkan permasalahan tersebut, salah satu permasalahan pada generator yaitu sistem penguat atau sistem eksitasi. Gangguan pada sistem eksitasi dapat berakibat fatal pada generator sinkron, sehingga dapat menyebabkan generator padam dan sistem kelistrikan konsumen juga akan padam.

Karena hal tersebut, maka dibahas sistem eksitasi terhadap performa generator sinkron yang diterapkan pada PLTU Suralaya. Dengan mengetahui karakteristik dan prosentase tegangan *supply* generator sinkron, maka performa generator sinkron dapat dijaga agar bekerja secara optimal dan gangguan pada generator sinkron dapat diminimalisir akibat dari *under excitation* dan *over excitation*.

## 2. Landasan Teori

### 2.1 Prinsip Kerja Generator Sinkron

Secara umum prinsip kerja dari generator sinkron adalah apabila kumparan medan yang terdapat pada rotor dihubungkan dengan sumber eksitasi yang akan mensuplai arus searah (DC) terhadap

kumparan medan, maka dengan adanya arus searah yang mengalir melalui kumparan medan akan menimbulkan fluks. Penggerak mula (prime mover) yang sudah terkopel dengan rotor generator segera dioperasikan, sehingga rotor akan berputar dengan kecepatan tertentu sesuai dengan jumlah putaran yang diharapkan. Perputaran dari rotor generator tersebut akan sekaligus memutar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan rotor. Medan putar yang terdapat pada rotor tersebut, selanjutnya akan diinduksikan pada kumparan jangkar, sehingga kumparan jangkar yang terdapat pada stator generator akan menghasilkan fluks magnetik yang berubah-ubah nilainya setiap waktu.

## 2.2 Reaksi Jangkar

Reaksi jangkar pada generator sinkron bergantung pada jenis beban yang dilayani atau dengan kata lain tergantung dari sudut fase antara arus jangkar dan tegangan induksi. Arus jangkar akan mengalir dan mengakibatkan terjadinya reaksi jangkar yang bersifat reaktif ketika dalam keadaan berbeban. Oleh karena itu dinyatakan sebagai reaktansi pemagnetan. Reaktansi pemagnetan bersama-sama

dengan reaktansi fluks bocor dikenal sebagai reaktansi sinkron. Reaksi jangkar dapat menimbulkan beberapa pengaruh pada stator generator yaitu berupa distorsi, *magnetizing*, maupun demagnetising fluks arus medan pada celah udara. Pengaruh yang ditimbulkan reaksi jangkar adalah sebagai berikut:

### a. Untuk beban resistif ( $\cos \theta = 1$ )

Beban resistif adalah beban yang hanya mengkonsumsi daya nyata atau daya aktif. Ketika generator dibebani oleh beban resistif, maka putaran prime mover dan tegangan terminal akan menurun. Tegangan terminal generator dapat dijaga agar tetap berada pada tegangan jaringan interkoneksi dengan memperbesar fluks medan yang terlebih dahulu memperbesar arus eksitasi yang disuplai ke dalam kumparan medan. Pada beban resistif, pengaruh fluks jangkar terhadap fluks medan hanya mendistorsi tanpa mempengaruhi kekuatannya (*magnetizing*)

### b. Untuk beban induktif ( $\cos \theta = 0$ *lagging*)

Beban yang bersifat induktif hanya mengkonsumsi daya reaktif saja. Untuk memperbesar daya reaktif (MVAR) dari pembangkit, maka dapat dilakukan dengan

memperbesar fluks medan yang terlebih dahulu memperbesar arus eksitasi yang disuplai ke dalam kumparan medan pada generator. Pada beban induktif dengan  $\cos \theta = 0$  dan bersifat *lagging*.

c. Untuk beban kapasitif ( $\cos \theta = 0$  *leading*)

Pada generator, ketika terjadi penguatan fluks medan pada kumparan akan mengakibatkan kenaikan tegangan terminal. Agar tegangan terminal generator sama dengan besar tegangan jaringan, maka arus eksitasi yang disuplai ke kumparan medan rotor generator dikurangi. Apabila pemakaian beban kapasitif meningkat, maka arus eksitasi yang disuplai ke rotor akan dikurangi. Pada beban kapasitif dengan  $\cos \theta = 0$  dan bersifat *leading*, maka arus akan mendahului tegangan sebesar  $90^\circ$ . Fluks resultan pada celah udara akan bertambah dari fluks medan ketika fluks yang dihasilkan arus jangkar searah dengan fluks arus medan.

### 2.3 Sistem Eksitasi

Sistem eksitasi merupakan suatu proses penguatan medan magnet dengan cara memberikan arus searah (DC) pada belitan medan pada rotor generator sinkron. Secara umum ketika suatu konduktor berupa

kumparan dialiri arus searah (DC), maka kumparan tersebut akan menjadi magnet yang nantinya akan menghasilkan fluks magnet. Ketika kumparan medan sudah diberi arus searah yang di dapat dari arus eksitasi dan berputar dengan kecepatan tertentu, maka kumparan jangkar stator generator akan terinduksi dari fluks-fluks magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan, sehingga akan menghasilkan tegangan listrik bolak-balik (AC). Tegangan yang dihasilkan oleh generator sangat tergantung dari besarnya arus eksitasi dan putaran rotor, hal ini dikarenakan semakin besar arus eksitasi dan putaran yang diberikan, maka akan semakin besar tegangan yang dihasilkan oleh generator.

## 3. Metode Penelitian

### 3.1 Alat dan Bahan

Dalam penelitian tugas akhir ini membutuhkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penulisan tugas akhir. Alat dan bahan yang digunakan terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yaitu:

a. Perangkat Keras

Perangkat keras (Hardware) yang digunakan dalam penulisan tugas akhir

ini yaitu satu unit laptop Dell Inspiron 5420 dan printer Epson L210.

b. Perangkat Lunak

Perangkat lunak (software) yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini yaitu microsoft office 2016.

### 3.2 Alur penelitian

- a. Studi Pendahuluan: Pada langkah ini dilakukan studi lapangan dengan mengamati dan mewawancarai secara langsung keadaan dari pembangkit listrik.
- b. Identifikasi dan Perumusan Masalah: Setelah studi pendahuluan dilaksanakan, permasalahan terhadap performa generator dapat diidentifikasi, kemudian penyebab dari permasalahan dapat ditelusuri. Dalam menelusuri penyebab permasalahan dilakukan dengan pengumpulan data harian generator.
- c. Studi Pustaka: Studi pustaka ini bertujuan untuk mencari informasi-informasi tentang teori, metode, dan konsep yang berkaitan dengan permasalahan yang diangkat dan dapat digunakan sebagai acuan dalam penyelesaian masalah penelitian ini

d. Pengamatan Sistem Eksitasi Terhadap Performa Generator: bertujuan untuk mengetahui mekanisme kerja dari sistem eksitasi.

e. Pengumpulan, Pengolahan dan Analisis Data: Data perusahaan yang dikumpul berupa data operasi harian generator, spesifikasi peralatan sistem eksitasi dan data penunjang lainnya. Selanjutnya data tersebut diolah berdasarkan kebutuhan permasalahan. Setelah melakukan pengolahan data, maka akan didapat suatu hasil yang akan dianalisis.

f. Kesimpulan

Setelah analisis dilakukan dengan baik dan benar, selanjutnya menarik kesimpulan dari analisis yang diperoleh.

### 3.3 Metode Analisis

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara mengetahui pengaruh dari karakteristik dan perhitungan prosentase tegangan *supply* generator sinkron supaya performa generator dapat bekerja dengan baik dan gangguan pada generator dapat diminimalisir.

## **4. Hasil dan Pembahasan**

### **4.1 Karakteristik Sistem Eksitasi**

Pada analisis sistem eksitasi generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3 ini menggunakan data operasi harian generator yang terdapat pada PLTU Suralaya unit 3. Data tersebut terkait dengan tegangan generator, frekuensi, arus jangkar, daya beban, faktor daya, tegangan eksitasi dan arus eksitasi.

Data yang dianalisis dalam pembahasan kali ini yaitu data operasi harian generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3 yang diperoleh dan diamati selama 31 hari dimulai dengan tanggal 01 Januari 2018 hingga 31 Januari 2018.

### **4.2 Hubungan Arus Eksitasi dan Arus Jangkar**

Berdasarkan data tabel harian generator menunjukkan hubungan antara arus eksitasi ( $I_f$ ) terhadap arus jangkar ( $I_a$ ) yang ada pada PLTU Suralaya unit 3, bahwa nilai arus jangkar tertinggi yaitu 10.29 kA dengan nilai arus eksitasi sebesar 42.28 A, sedangkan nilai terendah dari arus jangkar yaitu 5.81 kA dengan nilai arus eksitasi sebesar 31.34 A. Dari data tersebut menunjukkan bahwa arus eksitasi berbanding lurus dengan arus jangkar pada generator sinkron. Hal ini dikarenakan

semakin besar arus eksitasi yang disuplai ke generator sinkron, maka arus jangkar generator sinkron juga akan semakin besar, begitupun sebaliknya ketika arus eksitasi yang disuplai pada generator sinkron berkurang, maka nilai arus jangkar generator sinkron juga ikut berkurang. Sehingga nilai arus jangkar akan berubah-ubah sesuai dengan besar arus eksitasi yang disuplai menuju kumparan rotor generator sinkron.

### **4.3 Pengaruh Ketidakstabilan Tegangan**

Tegangan yang baik adalah tegangan yang tetap stabil pada nilai yang telah ditentukan. Walaupun terjadinya ketidakstabilan (fluktuasi) pada tegangan tidak dapat dihindarkan, tetapi dapat diminimalkan. Untuk mengetahui nilai dari fluktuasi tegangan, maka dapat diketahui dengan cara menghitung terlebih dahulu nilai dari ggl induksi ( $E_a$ ) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$E_a = V + (jX_s I_a) \quad (\text{Volt})$$

Berdasarkan data operasi harian dan spesifikasi generator yang telah diperoleh, maka data spesifikasi generator dapat digunakan untuk menentukan nilai  $Z_{base}$  (impedansi) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$X_s = 0.26 \text{ pu} = 22889 \angle 7.75^\circ$$

$$V = 23 \text{ kV} = 22.89 \text{ kV}$$

$$I = 11823 \text{ A}$$

$$Z_{base} = \frac{V_{base} / \sqrt{3}}{I_{base}}$$

$$= \frac{23000 / \sqrt{3}}{11823}$$

$$= 1.12 \Omega$$

$$X_s \text{ (dalam ohm)}$$

$$= 0.26 \text{ pu} \times 1.12 \Omega$$

$$= 0.3 \Omega$$

Dari data tabel dan perhitungan di atas nilai maka  $E_a$  dapat diketahui sebagai berikut:

Data hari ke-1:

$$V_t = 22.68 \text{ kV} = 22680 \text{ V}$$

$$I_a = 10.29 \text{ kA} = 10290 \text{ A}$$

Maka diperoleh nilai

$$E_a = V + (jX_s I_a) = 22680 + (j0.3 \times 10290)$$

Untuk perhitungan ggl induksi pada hari selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan rumus yang sama.

#### 4.3.1 Hubungan Arus Eksitasi Terhadap GGL Induksi dan Tegangan Terminal

Berdasarkan data operasi harian generator menunjukkan hubungan arus eksitasi terhadap ggl induksi dan tegangan terminal generator pada PLTU Suralaya unit 3, bahwa nilai arus eksitasi tertinggi yaitu 46.93 A dengan nilai ggl induksi 23.84 kV dan tegangan terminal generator 23.64 A dan nilai arus eksitasi terendah yaitu 30.45 A dengan nilai ggl induksi 23.10 A dan tegangan terminal generator 22.91 A. perubahan nilai GGL induksi dipengaruhi oleh kecepatan putaran magnet, ketika GGL induksi turun, maka dapat dinaikkan dengan memperbesar arus eksitasi yang akan mempercepat putaran

medan magnet yang menyebabkan nilai ggl induksi menjadi naik.

Pada data tersebut menunjukkan adanya ketidakstabilan (fluktuasi), hal ini dapat terjadi karena nilai pembebanan yang selalu berubah-ubah setiap waktu tergantung dari tingkat kebutuhan beban, sehingga arus eksitasi akan mengatur tegangan keluaran generator agar tetap stabil. Ketidakstabilan (fluktuasi) ini dianggap tidak bermasalah karena masih berada dalam batas aman dari tegangan *output* yang telah ditentukan yaitu sebesar 23 kV.

#### **4.3.2 Hubungan Pembebanan Terhadap Arus Eksitasi**

Berdasarkan data operasi harian generator menunjukkan bahwa menunjukkan hubungan antara pembebanan (MW) terhadap arus eksitasi ( $I_f$ ) yang ada pada PLTU Suralaya unit 3, bahwa nilai pembebanan tertinggi yaitu 399.50 MW dengan nilai arus eksitasi sebesar 41.82 A,

sedangkan nilai terendah dari pembebanan yaitu 215.20 MW dengan nilai arus eksitasi sebesar 31.34 A. Pada data operasi harian generator dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai pembebanan (MW), maka nilai dari arus eksitasi ( $I_f$ ) yang disuplai pada generator sinkron juga akan meningkat,

#### **4.4 Prosentase Tegangan Supply Generator**

Berdasarkan data operasi harian generator menunjukkan bahwa prosentase tegangan *supply* generator sinkron berada pada kisaran -1.87% dengan nilai pembebanan 399.19 MW dan tegangan terminal generator 22.57 kV sampai +2.83% dengan nilai pembebanan 265.18 MW dan tegangan terminal generator 23.65 kV. Dari kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa performa generator berdasarkan tegangan *supply* generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3 masih bekerja dalam kondisi yang baik. Tegangan terminal generator akan mempengaruhi pembebanan, ketika tegangan terminal generator turun, maka nilai dari pembebanan juga akan turun.

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis yang telah dilakukan menyatakan bahwa kenaikan nilai arus eksitasi ( $I_f$ ) akan menyebabkan nilai arus jangkar juga akan meningkat. Nilai arus jangkar nilai terendah yaitu 5.81 KA dengan nilai arus eksitasi sebesar 31.34 A. Sedangkan nilai arus jangkar tertinggi yaitu 10.29 kA dengan nilai arus eksitasi sebesar 42.28 A.
2. Prosentase tegangan supply generator sinkron berada pada kisaran -1.87% dengan nilai pembebanan 399.19 MW dan tegangan terminal generator 22.57 kV sampai +2.83% dengan nilai pembebanan 265.18 MW dan tegangan terminal generator 23.65 kV. Dari kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa performa generator berdasarkan tegangan *supply* generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3 masih bekerja dalam kondisi yang baik. Tegangan terminal generator akan mempengaruhi pembebanan, ketika tegangan terminal generator turun, maka nilai dari pembebanan juga akan turun.

3. Sistem eksitasi pada PLTU Suralaya unit 3 dapat dikatakan berada dalam kondisi yang baik, hal ini dikarenakan sistem eksitasi tersebut menjaga tegangan keluaran generator sinkron stabil pada kisaran tegangan 23 kV.
4. Setelah mengetahui karakteristik dari sistem eksitasi dan prosentase tegangan *supply* generator, maka kerusakan pada generator sinkron akibat *over excitation* dan *under excitation* dapat diminimalisir.

### 5.2 Saran

Setelah dilakukan perhitungan dan analisis mengenai sistem eksitasi, karakteristik sistem eksitasi dan prosentase tegangan supply pada generator sinkron PLTU Suralaya, maka terdapat beberapa hal yang harus dipahami, yaitu sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya agar karakteristik sistem eksitasi ini harus selalu diperhatikan karena sistem eksitasi merupakan salah satu sistem sangat penting dalam proses.
2. Pada penelitian selanjutnya, untuk dapat melakukan perawatan dan pengujian pada peralatan-peralatan sistem eksitasi harus dilakukan secara berkala dan teliti. Hal ini dilakukan

agar performa dan kontinuitas operasi generator dapat ditingkatkan.

## Daftar Pustaka

- Anonim. (2017). Pengoperasian Generator Dan Sistem Kelistrikan Pembangkit. Perusahaan Listrik Negara.
- Basofi. (2014). *Studi Pengaruh Arus Eksitasi Pada Generator Sinkron Yang Bekerja Paralel Terhadap Perubahan Faktor Daya*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Kurniawan, Aditya (2015). *Analisa Pengaruh Arus Eksitasi Generator Terhadap Pembebanan Pada PLTA Cirata Unit 2*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- Rajagukguk, Buhari Tongam (2009). *Studi Pengaturan Arus Eksitasi Terhadap Arus Jangkar Dan Faktor Daya Pada Motor Sinkron 3 Fasa*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Syahputra, Rudi (2012). *Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Tegangan Keluaran Generator Sinkron*. Aceh: Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Terimananda Gerha R, dkk (2016). *Studi Pengaturan Arus Eksitasi untuk Mengatur Tegangan Keluaran Generator di PT Indonesia Power UBP Kamojang Unit 2*. Bandung: Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Tobing, Gustaf Parlindungan (2010). *Eksitasi Generator*. Diambil dari:<http://gustafparlindungan.blogspot.co.id/2010/12/eksitasi-generator.html>

