

## **Analisis Pengaruh Sistem Eksitasi Terhadap Tegangan Keluaran Generator Sinkron Mini Hydro**

**Dede Furqon Nurjaman, S.T., M.T.**

Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Jenderal Achmad Yani (UNJANI)  
Jalan Terusan Jend. Sudirman PO.BOX 148 Cimahi 40531  
*e-mail : dede.furqon@lecture.unjani.ac.id*

### **Abstract**

*Dynamic loading or changing at any time will have an impact on the generator, one of the effects is the change in the generator terminal voltage. So that every generator that contributes to the interconnection system is required to be ready to face any system changes. The purpose of this research is to determine the effect of the excitation current on the generator voltage. In this study, the data obtained were carried out by direct observation, namely by taking the required data and carrying out experimental methods by conducting several experiments in obtaining data, such as operating a generator and to get the value of the generator loading to be analyzed. with the measurement method. The results indicate that the voltage of the synchronous generator Mini Hydro Curug is strongly influenced by the size of the excitation current setting, this can be seen at the time of loading the generator, when the excitation current is 2.2 A, the generator output voltage value is 6.133 kV. , and the highest generator output voltage is at a value of 6.479 kV with an excitation current of 4.6 A.*

**Keywords :** *excitation, interconnection system, reactive power, synchronous generator, current, voltage.*

### **Abstrak**

Pembebanan yang dinamis atau berubah-ubah setiap saat akan memberikan dampak terhadap generator, salah satu pengaruhnya adalah berubahnya tegangan terminal generator. Sehingga setiap generator yang berkontribusi pada sistem interkoneksi dituntut untuk siap menghadapi setiap perubahan sistem. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh arus eksitasi terhadap tegangan generator. Pada penelitian ini data-data yang diperoleh yaitu dilakukan dengan cara melakukan peninjauan langsung yakni dengan mengambil data-data yang dibutuhkan serta melakukan metode eksperimen dengan cara melakukan beberapa percobaan dalam mendapatkan suatu data, semisal dalam mengoperasikan generator dan untuk mendapatkan nilai pembebanan generator yang akan dianalisis dengan metode pengukuran. Hasil yang didapat dalam paper ini menunjukkan bahwa tegangan generator sinkron Mini Hidro Curug sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya pengaturan arus eksitasi, hal ini terlihat pada saat pembebanan generator, yaitu ketika arus eksitasi bernilai 2,2 A maka nilai tegangan keluaran generator sebesar 6,133 kV, dan tegangan keluaran generator tertinggi yaitu pada nilai 6,479 kV dengan arus eksitasi sebesar 4,6 A.

**Kata kunci :** Eksitasi, Interkoneksi, Daya reaktif, Generator Sinkron, Arus, Tegangan.

## **I. PENDAHULUAN**

Penelitian tentang pengaruh arus eksitasi terhadap keluaran daya reaktif sudah banyak dilakukan, diantaranya terdapat beberapa penelitian yang berhubungan dengan pengaruh arus eksitasi terhadap keluaran daya reaktif generator sinkron. Dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya ini dapat menjadi bahan rujukan/refrensi sebagai pembandingan dalam penulisan paper ini. Diantaranya yaitu penelitian yang berjudul “Analisis Pengaruh Arus Eksitasi terhadap Daya Reaktif Generator Sinkron yang Bekerja Pararel” yang menyimpulkan bahwa Pembangkitan daya reaktif (Q) ditentukan dan dibatasi oleh kurva kapabilitas generator yang dipakai. Batas terendah

faktor daya generator PLTA Wonogiri adalah pada faktor daya 0,8 *lagging*[3].

Pembangkit Listrik Tenaga Air Mini Hydro Curug merupakan Pembangkit Listrik Tenaga Air dengan total kapasitas 6,8 MW. Mini Hydro Curug merupakan pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan energi potensial air dari Bendung Curug yang juga merupakan bagian dari aliran air dari sungai Citarum yang berasal dari Bendungan Jatiluhur. Terletak di daerah Kawasan Curug, kabupaten Karawang dan mulai dioperasikan pada tahun 2002.

Energi listrik yang dihasilkan digunakan untuk keperluan pemakaian sendiri, Pompa Elektrik Tarum Timur, Bendung Curug, Pompa Tarum

Barat, perkantoran dan perumahan, melalui jaringan transmisi 70 KV sistem jaringan interkoneksi Jawa-Madura-Bali dari GI Curug dan industri non PLN (Kosambi) melalui jaringan transmisi 70 KV dari GI Curug ke GI Ciganea untuk konsumen di wilayah Curug/Karawang.

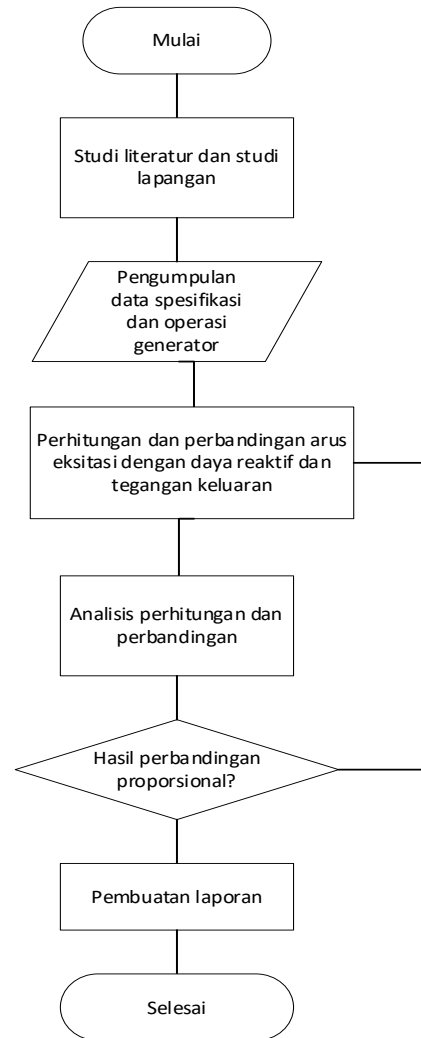
Dalam perkembangannya Generator AC (Alternating Current) disebut juga mesin sinkron atau alternator, memberikan hubungan penting dalam proses perubahan energi ke bentuk yang bermanfaat. Generator sinkron adalah sebuah alat yang memiliki fungsi untuk mengkonversikan tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Generator bekerja berdasarkan kaidah kerja induksi elektromagnetik atau fluks yang kemudian mengubah energi listrik. Sistem eksitasi merupakan suatu peralatan yang memegang tugas untuk mengatur tegangan pada generator supaya nilai kerja yang diinginkan tidak berubah. Sistem eksitasi generator adalah bagian penting yang akan membentuk profil tegangan terminal generator yang konsisten dan stabil. Sistem mekanisme unit eksitasi generator ini memiliki fungsi untuk mengontrol agar generator tetap konstan, sehingga generator akan tetap menghasilkan tegangan yang konstan dan tidak berdampak pada perubahan beban yang tidak konstan, disebabkan beban sangat berdampak pada tegangan keluaran generator [1].

Pada sistem interkoneksi perubahan beban selalu berubah – ubah setiap saat, sehingga setiap generator yang berkontribusi pada sistem interkoneksi dituntut untuk siap dalam menghadapi setiap kondisi sistem. Salah satunya adalah menjaga agar tegangan generator tetap stabil pada batas – batas yang ditentukan. Dalam hal ini sistem eksitasi berperan penting untuk menjaga Tegangan dan daya reaktif generator agar tetap pada nilai yang diinginkan. Oleh karena itu fenomena pengaruh perubahan tegangan perlu dianalisis guna menjaga stabilitas dan keandalan Sistem tenaga listrik.

Yang membedakan dari penelitian sebelumnya adalah, besarnya nilai arus eksitasi terhadap tegangan keluaran generator sinkron di mikrohidro Curug. Mengingat akan pentingnya Sistem eksitasi pada generator penulis tertarik untuk menganalisa tentang “Analisis pengaruh Sistem Eksitasi terhadap tegangan keluaran generator sinkron Mini Hydro Curug”.

## II. METODE

Metode yang dilakukan berdasarkan Gambar 1 adalah sebagai berikut.



Gambar 1. *Flowchart Penelitian.*

### A. Metode Eksperimen

Dilakukan metode eksperimen yaitu metode yang dilakukan dengan cara melakukan beberapa percobaan dalam mendapatkan suatu data, semisal dalam mengoperasikan generator dan untuk mendapatkan nilai pembebanan generator yang akan dianalisis dilakukan dengan metode pengukuran. Dari data-data dan nilai yang telah didapat kemudian akan diolah dan hasil pengolahan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk kemudian dianalisis.

### B. Pengumpulan Data Teknis

Metode pengumpulan data teknis adalah suatu metode peninjauan langsung yang dilakukan dalam rangka mengumpulkan data - data yang diperlukan pada proses penelitian dengan cara berkunjung langsung ke lapangan (*site visit*), sehingga diperoleh data teknis komponen utama Mini Hidro sebagai berikut :

1. Sistem eksitasi



Gambar 2. *Excitation Cubicle.*

Sistem eksitasi generator Mini hidro menggunakan tipe eksitasi tanpa sikat (*brushless*), sehingga didalam penyaluran arus eksitasinya tidak perlu menggunakan cincin geser/*slip ring*. Pada sistem eksitasi tipe *brushless* ini terdapat *pilot exciter* sebagai penguat pertama, dan *main exciter* sebagai penguat kedua. *Pilot exciter* terdiri dari generator arus bolak-balik yang memiliki kumparan tiga fasa pada stator serta medan magnet yang terpasang pada poros rotor. Sedangkan *Main exciter* adalah sebuah generator AC dengan kutub pada statornya.

2. Generator

Generator PLTMH Curug merupakan jenis generator sinkron 3 fasa dengan jumlah kutub sebanyak 8 buah. Generator inilah yang menghasilkan tegangan keluaran generator sebesar 6,600 kV untuk kemudian selanjutnya tegangan keluaran tersebut dinaikkan menggunakan trafo sebesar 4 MVA menjadi 20 kV. Sementara tegangan dari line Jatiluhur diturunkan menjadi 20 kV melalui trafo 10 MVA 70 / 20 kV.



Gambar 3. Unit Generator Mini hydro.

TABEL 1. DATA TEKNIS GENERATOR

No	Uraian	Data Teknis
1	Daya	3868 kVA
2	Tegangan Terminal	6,600 kV
3	Kecepatan Putar	750 RPM
4	Arus	338 A
5	Frekuensi	50 Hz
6	Fasa	3
7	Faktor Kerja	0,85
8	Kelas Isolasi	F
9	Jumlah Kutub	8 Kutub
10	Daya Aktif Max	3288 kW
11	Resistansi Rotor	0,195 ohm
12	Resistansi Stator	0,05405
13	Hubungan Lilitan	Y

### III. HASIL PERCOBAAN DAN DISKUSI

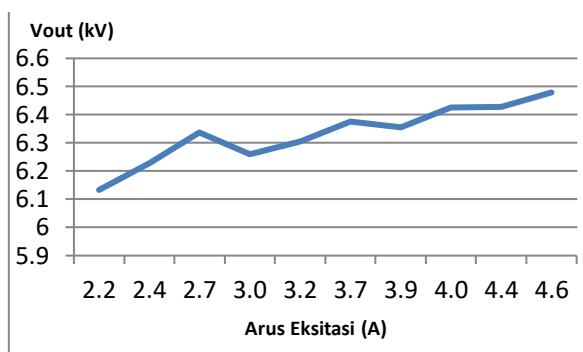
#### A Analisis Pengaruh Arus Eksitasi terhadap Tegangan Generator

Pengukuran ini dilakukan pada saat kondisi generator berbeban, sesuai dengan data pada Tabel 2 berikut ini:

TABEL 2. PEMBEBANAN GENERATOR MINI HIDRO CURUG

Arus Eksitasi (A)	Tegangan Eksitasi (V)	Tegangan Keluaran (kV)	Arus Jangkar (A)
2,2	27	6,133	57,66
2,4	30	6,228	92,04
2,7	34	6,238	115,2
3,0	36	6,259	138,9
3,2	40	6,306	155,4
3,7	46	6,376	198,4
3,9	49	6,355	219,7
4,0	50	6,425	231,8
4,4	55	6,428	251,5
4,6	59	6,479	283,6

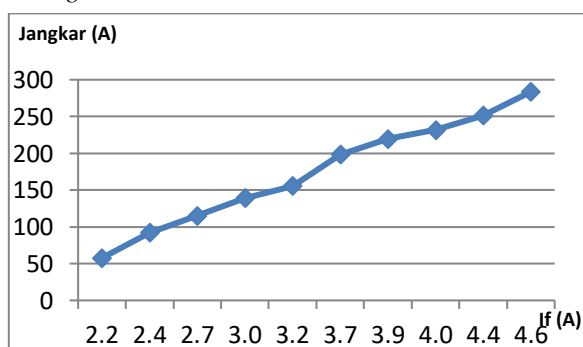
Tabel ini menjelaskan tentang hasil dan analisis pengaruh arus eksitasi terhadap tegangan keluaran generator sinkron Mini Hidro Curug, yaitu dengan melakukan pengukuran pembebanan generator yang dilakukan secara otomatis dengan menggunakan kWh meter. Dari data pembebanan tersebut kemudian dilakukan analisis mengenai pengaruh arus eksitasi terhadap tegangan keluaran generator.



Gambar 4. Grafik Hubungan Arus Eksitasi terhadap Vout Generator.

Pada gambar 4, dapat dilihat perbandingan antara arus eksitasi ( $I_f$ ) terhadap tegangan keluaran generator ( $V_t$ ) yang ada pada unit 2 Mini Hidro Curug, di mana semakin besar arus eksitasi yang diberikan maka tegangan keluaran generator akan semakin besar. Sehingga tegangan keluaran generator berbanding lurus terhadap arus eksitasinya. Besar-kecilnya tegangan keluaran generator sangat dipengaruhi oleh besarnya arus eksitasi. Nilai tegangan tertinggi yaitu sebesar 6,479 kV dengan nilai arus eksitasi sebesar 4,6 A. Dan nilai tegangan terendah yaitu 6,133 kV dengan nilai arus eksitasi 2,2 A.

#### B Analisis Pengaruh Arus Eksitasi terhadap Arus Jangkar Generator



Gambar 5. Grafik Hubungan Arus Eksitasi terhadap Arus Jangkar Generator.

Berdasarkan Gambar 5, grafik hubungan arus eksitasi ( $I_f$ ) terhadap arus jangkar ( $I_a$ ) pada generator Mini Hidro Curug, bahwa arus jangkar tertinggi 283,6 A dengan nilai arus eksitasi sebesar 4,6 A. Sedangkan nilai arus jangkar terendah yaitu 57,66 A dengan nilai arus eksitasi sebesar 2,2. Hal ini terjadi karena saat arus jangkar meningkat maka dibutuhkan arus eksitasi yang lebih besar lagi agar tegangan keluaran

generator dapat dijaga pada batas toleransi yang diperbolehkan.

#### IV. KESIMPULAN

Tegangan keluaran generator ( $V_t$ ) sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya arus eksitasi ( $I_f$ ), semakin besar arus eksitasi maka tegangan keluaran generator yang dihasilkan akan semakin besar.

Pada saat dilakukan pembebanan dengan arus eksitasi yang terus meningkat, tegangan keluaran generator cenderung mengalami kenaikan akan tetapi hal tersebut masih mendekati tegangan nominalnya yaitu sebesar 6,600 kV dengan penurunan tegangan tertinggi 7,07 %, hal ini menunjukkan bahwa pengaturan tegangan generator sinkron Mini Hidro Curug terindikasi baik karena sesuai dengan spesifikasi generator yaitu dengan toleransi  $\pm 10$  % dari tegangan nominal.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Elektro Universitas Jenderal Achmad Yani yang telah mendukung penuh penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agus Raikhani, "Penggunaan Exciter Sebagai Penguat Generator 25 MVA, 11KV Pada Trans Pacific Petrochemical Indotama Petrochemical Indotama (TPPI) Tasikharjo, Tuban," 2013.
- [2] Angga Cahya Putra, "Pengaruh Perubahan Beban terhadap Arus Eksitasi pada Generator Sinkron," 2019.
- [3] Budiardi, Esa, "Analisis Pengaruh Arus Eksitasi Terhadap Daya Reaktif Pada Generator Sinkron Yang Bekerja Paralel," 2016.
- [4] Djiteng, Marsudi. 2011. Pembangkit Energi Listrik. Edisi: Kedua, Jakarta: Erlangga.
- [5] Eremia, Shahidehpour, 2013, Handbook of Electrical Power System Dynamics: Modeling, Stability, and Control
- [6] J. Chapman, Stephen. 2012. Electric Machinery Fundamentals, Fifth Edition, New York : McGraw-Hill Companies
- [7] Kundur, Praba. 1994. Power System Stability and Control. New York: McGraw-Hill Companies
- [8] Rizky Catur Pamungkas, "Studi Sistem Eksitasi pada Generator Sinkron Pembangkit Listrik Tenaga Uap Unit 3 Dan 4 di PJB UP Gresik," 2018.
- [9] S Muhammad, "Analisis Pengaruh Perubahan Eksitasi Terhadap Daya Reaktif Generator," 2019.
- [10] Savira R, "Analisis Pengaruh Arus Eksitasi Terhadap Daya Reaktif dan Tegangan Terminal Generator Unit 3 PLTP Gunung Salak," 2020.