

ANALISIS SISTEM EKSITASI TERHADAP KONDISI JENIS BEBAN PADA GENERATOR 11 KV DI PT. PUPUK INDONESIA ENERGI

**Aldian Fajar Ismail¹⁾, H. Muhammad Taqiyyuddin A²⁾, Bambang Dwi Sulo³⁾
21601053033**

^{1),2),3)} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang
Jl. Mayjen Haryono 193, Dinoyo, Lowokwaru, Malang
aldianfajar21@gmail.com

ABSTRAKSI

PLTG (Pembangkit Listrik Tenaga Gas) PT. Pupuk Indonesia Energi adalah salah satu unit pembangkit di PT. Petrokimia yang mempunyai tugas untuk menunjang listrik pada pabrik Petrokimia. Proses energi listrik pada PLTG PT. Pupuk Indonesia Energi yang dilakukan oleh generator akan berlangsung jika sistem eksitasi ada. Sistem eksitasi merupakan sistem terpenting pada pembangkitan generator sinkron, dimana sistem ini berfungsi untuk membangkitkan fluks generator dan menyediakan daya DC ke kumparan medan generator. Sistem eksitasi mengontrol dan melindungi fungsi-fungsi penting dalam sistem tenaga untuk operasi dan kinerja yang optimal. Dalam penelitian ini, diketahui tegangan keluaran generator pada sistem pembangkit dapat berubah-ubah, maka untuk mengatasi perubahan tegangan bisa dengan mengatur arus eksitasi. Sistem eksitasi diimplementasikan dalam generator sinkron berkapasitas 22 MW, 11 KV dengan menggunakan bantuan perangkat lunak MATLAB Simulink R2010a. Dengan mengatur beban yang diberikan pada generator, arus eksitasi dapat mempengaruhi tegangan keluaran dan arus keluaran yang dihasilkan generator. Dalam kondisi beban $P = 18 \text{ MW}$, $Q = 14 \text{ MVAR}$, hasil penelitian menunjukkan ketika simulasi dijalankan pada sudut alfa 0° , diketahui nilai arus eksitasi sebesar 2.439 A dengan tegangan keluaran sebesar 6 KV dan arus keluaran sebesar 1124 A. Stabilitas perubahan tegangan akibat perubahan beban bisa diantisipasi dengan arus eksitasi.

Kata Kunci : Generator Sinkron; Sistem Eksitasi; Arus Eksitasi; Tegangan Keluaran.

ABSTRACT

PLTG (Gas Power Plant) PT. Pupuk Indonesia Energi is one of the generating unit at PT. Petrokimia which has the main task of supporting electricity at the Petrochemical factory. The process of electrical energy at PLTG PT. Pupuk Indonesia Energi which is carried out by the generator will take place if the excitation system exists. The excitation system is one of the most important system in synchronous generator generation, where this system function to generate generator flux and provide DC power to the generator field coil. The excitation system are controls and protects critical functions in the power system for optimal operation and performance. In this research, it is known that the output voltage of the generator in the generator system can vary, to overcome the change in voltage, you can adjust the excitation current. The excitation system is implemented in a synchronous generator with capacitations of 22 MW, 11 KV using the help of MATLAB Simulink R2010a software. By adjusting the load applied to the generator, variations in the excitation current can affect the output voltage and output current generated by the generator. In the load condition $P = 18 \text{ MW}$, $Q = 14 \text{ MVAR}$, the results show that when the simulation is run at an alpha angle of 0° , it is known that the value of the excitation current is 2.439 A with an output voltage of 6 KV and an output current of 1124 A. load changes can be anticipated by the excitation current.

Keywords: Synchronous Generator; Excitation System; Excitation Current; Output Voltage.

I. PENDAHULUAN

PLTG PT. PUPUK INDONESIA ENERGI (PIE) adalah salah satu unit pembangkit di PT. PETROKIMIA GRESIK yang mempunyai tugas pokok mengoperasikan, memproduksi dan memelihara mesin pembangkit. Mulai berproduksi pada tahun 2014 dengan kapasitas 22 MW.

Salah satu indikator kualitas sistem tenaga listrik adalah kestabilan frekuensi dan tegangan. Ketidak stabilan system dapat terjadi akibat gangguan di system tenaga listrik. Pada industry pupuk di PT. PETROKIMIA GRESIK gangguan pada sistem tenaga listrik ini dapat mengganggu atau menghentikan proses produksi ammonia dan urea. Karakteristik beban pada PT. PUPUK INDONESIA ENERGI cenderung konstan, karena proses produksi terus berjalan 24 jam sehari. Ketika terjadi gangguan pada pembangkit, pembangkit yang normal akan mengalami kenaikan beban.

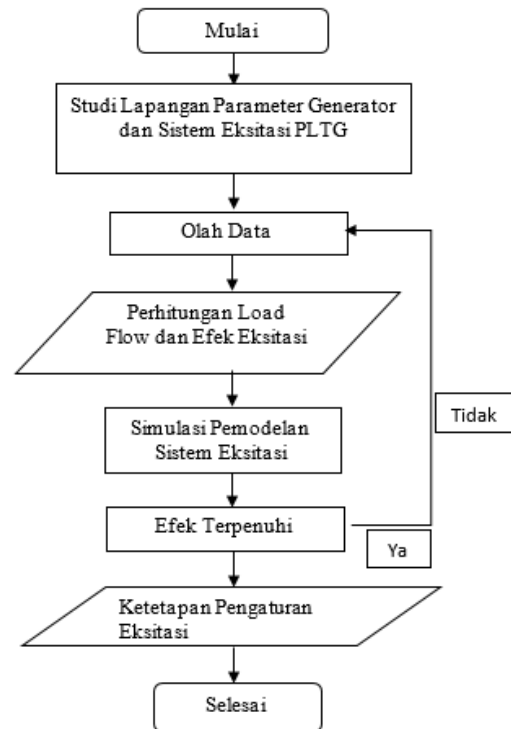
Oleh karena itu untuk mendapat tegangan keluaran generator yang konstan maka diperlukan pengaturan tegangan dengan cara mengatur arus eksitasi yang dikontrol oleh AVR (Automatic Voltage Regulator) agar daya listrik dapat sesuai dengan pembebanan yang diperlukan. Dengan mengetahui karakteristik dan presentase tegangan masukan dari generator sinkron karena pengaruh dari sistem eksitasi, maka penulis membuat judul laporan “ANALISIS SISTEM EKSITASI TERHADAP KONDISI JENIS BEBAN PADA GENERATOR 11 KV DI PT. PUPUK INDONESIA ENERGI”.

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tentang “Analisis Sistem Eksitasi Terhadap Jenis Beban Pada Generator 11 KV” di lakukan di PT. Pupuk Indonesia Energi yang bertempat di Petrokimia Pabrik III Gresik. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni hingga bulan Juli 2020. Dalam pelaksanaan penelitian, penulis ditempatkan pada bagian PLTG – GGCP (Gresik Gas Cogeneration Plant)

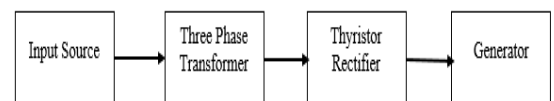
2.2. Flowchart



Gambar 1. Flowchart

Pada Gambar 1 merupakan flowchart yang menjelaskan langkah-langkah penelitian untuk menyelesaikan penelitian sistem arus eksitasi ini dengan menggunakan bantuan perangkat lunak MATLAB R2010a untuk mendeckeksi arus eksitasi, tegangan keluaran, arus keluaran daya aktif dan seberapa besar daya reaktif.

2.3. Blok Diagram



Gambar 2. Blok Diagram

Dalam penelitian ini, seluruh sistem akan dimodelkan dan disimulasi menggunakan perangkat lunak aplikasi MATLAB *Simulink* R2010a. Blok dapat dijelaskan sebagaimana pada Gambar 2 sebagai berikut :

1. *Input Source* sebagai sumber eksitasi yang merupakan tegangan tiga fase.
2. Transformator untuk menyesuaikan tegangan keluaran dari sumber.
3. Jembatan penyearah adalah converter penuh, jembatan penyearah berfungsi untuk menyearahkan tegangan AC dari

keluaran transformator menjadi tegangan DC yang akan diumpankan ke kumparan medan generator sebagai catu daya sistem eksitasi.

4. Generator sinkron berperan menjadi mesin listrik berputar yang menghasilkan tegangan bolak-balik pada sistem.

III. SIMULASI PEMODELAN SISTEM EKSITASI

Ketika mengetahui terjadinya adanya gangguan tahun 2018 yang disebabkan dari PJB Gresik yang berimbas pada pada generator, tegangan generator turun dari 20 kV menjadi 18,8 kV sampai terjadi blackout pada Petroraya. Berikut perhitungan loadflow arus keluaran beban :

Tegangan Gangguan 18 kV

i Beban :

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \cdot E \cdot I \cdot \cos \varphi \\
 &= 1,73 \cdot 18 \cdot I \cdot 0,8 \\
 &= \frac{P}{1,73 \cdot 18 \cdot 0,8} \\
 &= \frac{458000}{24,91} \\
 &= 18,386 \text{ A}
 \end{aligned}$$

i Generator :

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \cdot E \cdot I \cdot \cos \varphi \\
 &= 1,73 \cdot 18 \cdot I \cdot 0,8 \\
 &= \frac{P}{1,73 \cdot 18 \cdot 0,8} \\
 &= \frac{22000}{24,91} \\
 &= 883,17 \text{ A}
 \end{aligned}$$

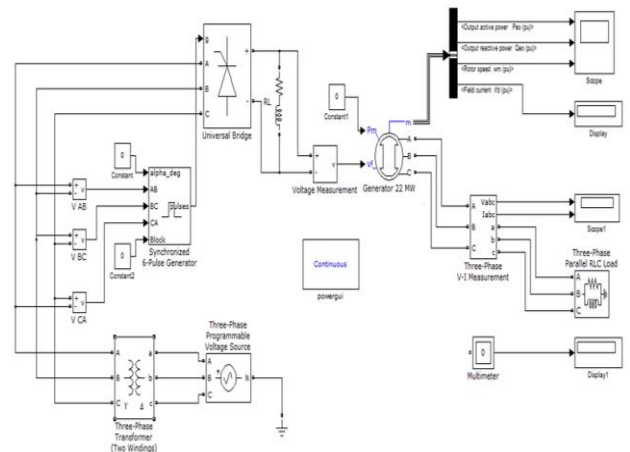
i Trafo :

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \cdot E \cdot I \cdot \cos \varphi \\
 &= 1,73 \cdot 18 \cdot I \cdot 0,8 \\
 &= \frac{P}{1,73 \cdot 18 \cdot 0,8} \\
 &= \frac{20000}{24,91} \\
 &= 802,89 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Tabel 1.
Perbandingan Perhitungan

No	Keterangan	Hasil Perhitungan		Hasil Simulasi	
		20 kV	18 kV	20 kV	18 kV
1.	Beban	16.546 A	18.386 A	16.526 A	18.362 A
2.	Generator	794.79 A	883.17 A	793.85 A	882 A
3.	Trafo	722.54 A	802.89 A	721.68 A	801 A

Pemodelan simulasi sebagaimana pada gambar 3 ini dibuat untuk melihat efek sistem eksitasi yang bekerja pada generator. Seluruh sistem dimodelkan dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB R2010a seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 dimana sistem terdiri dari generator sinkron tiga fase dengan nominal 22 MW, tegangan 11 kV, frekuensi 50 Hz, dihubungkan ke beban dengan sistem eksitasi.



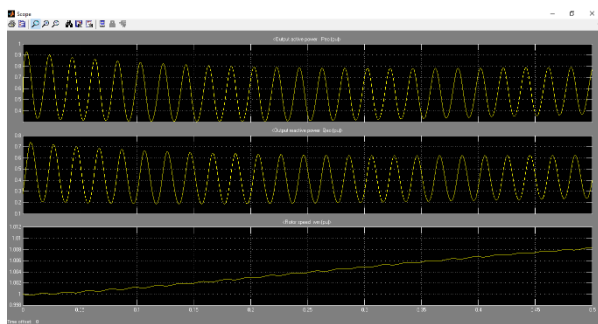
Gambar 3. Model Simulasi

Fungsi dari sistem eksitasi adalah menyediakan sumber DC ke kumparan medan generator sinkron. Sistem eksitasi mengontrol juga melindungi fungsi-fungsi penting dari sistem tenaga untuk operasi dan kinerja yang optimal. Fungsi perlindungan memastikan kemampuan dari mesin sinkron, sistem eksitasi dan peralatan lainnya tidak berlebihan.

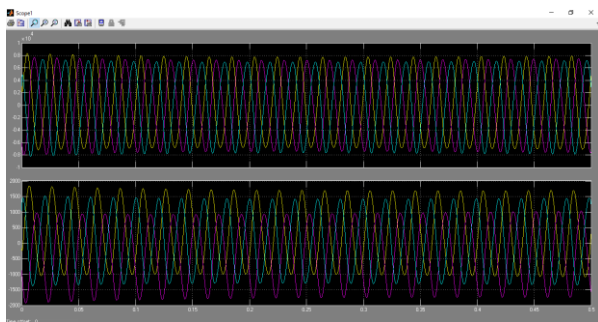
Perlu diketahui bahwa nilai tegangan pada generator sinkron dalam penelitian ini adalah 11 kV. Simulasi pertama dalam pemodelan sistem eksitasi ini dijalankan dalam kondisi beban (R = 18 MW, L = 14 MVAR) dengan frekuensi 48 Hz. Dari hasil simulasi pertama dapat diketahui bahwa

rangkaian generator sinkron pada MATLAB Simulink terbukti bekerja terlihat pada Gambar 4 Scope 1 menunjukkan grafik hasil keluaran gelombang daya aktif, daya reaktif dan putaran rotor pada generator. Generator menghasilkan daya $P = 8.1$ MW, $Q = 6.1$ MVAR yang bisa dilihat pada blok *powergui* pada Gambar 6 Powergui dengan arus eksitasi diperoleh sebesar 2.439 A. Nilai tegangan keluaran diperoleh sebesar 6 kV dan arus keluaran sebesar 1124 A yang terlihat pada blok *scope* Gambar 5 Scope 2.

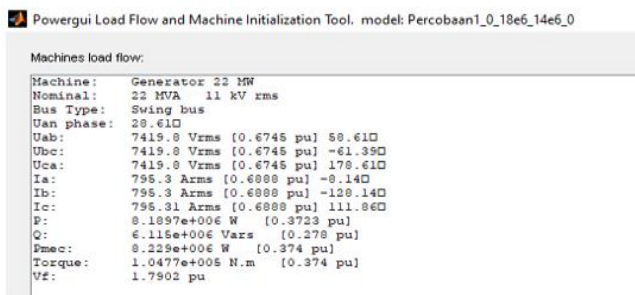
Pada blok *scope* grafik putaran rotor menunjukkan sedikit penurunan pada kecepatan rotor generator yang bisa disebabkan oleh faktor perubahan beban atau bisa jadi disebabkan karena semburan injeksi gas bahan bakar yang dibutuhkan untuk membangkitkan turbin pada PLTG.



Gambar 4. Scope 1



Gambar 5. Scope 2



Gambar 6. Powergui

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1. Hasil Simulasi Pemodelan Sistem Eksitasi

Tabel 4. 2

Hasil Data Pengujian Perubahan Daya Beban Generator

No	Daya Beban (MW)			Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Arus Eksitasi (A)	Tegangan Keluaran	Arus Keluaran
	R	L	C	P	Q	If	V	A
1.	18	14	0	8.1	6.1	2.439	6058	1124
2.	18	12	7	26	6.2	2.920	10911	1667
3.	15	12	9	32.9	4.7	2.734	13315	1667
4.	12	10	7	40	7.8	2.541	16510	1667

Dari hasil empat percobaan yang sudah dilakukan menggunakan MATLAB *Simulink* sebagaimana Tabel 1 dapat diidentifikasi bahwa ketika dimasukkan parameter daya beban R (resistif), L (induktif), C (kapasitif) pada blok simulasi beban generator, hasil daya yang dikeluarkan generator tertera pada kolom tabel (P) dan (Q), kemudian *field current* atau arus eksitasi (If) ini menunjukkan besaran arus medan yang berfungsi untuk membangkitkan fluks sehingga timbul daya pada keluaran generator. Jadi untuk mengeluarkan daya pada generator, perlu besaran arus eksitasi dengan nilai sebagaimana tertera pada kolom (If) Tabel 1.

Kesimpulan dari empat percobaan simulasi perubahan beban generator pada Tabel 1 adalah ketika terjadi perubahan penurunan beban pada generator sebesar 18 MW turun menjadi 15 MW jelas mengakibatkan efek arus eksitasi juga berubah. Ketika mengalami perubahan beban dapat dilihat keluaran daya aktif sebesar 26 MW berubah naik menjadi 32.9 MW, dan daya reaktif juga mengalami perubahan sebesar 6.2 MVAR berubah turun menjadi 4.7 MVAR. Perubahan efek arus eksitasi yang ditimbulkan sebesar 2.920 A mengakibatkan berubahnya tegangan keluaran sebesar 10.9 kV dan arus keluaran sebesar 1667 A pada beban generator. Ketika simulasi beban semakin diturunkan maka menimbulkan tegangan dan arus keluaran semakin naik.

Pada blok *scope* grafik tampilan putaran rotor menunjukkan terjadinya sedikit penurunan pada kecepatan rotor generator dari nominal 1 menjadi 0.980 rpm, ini tidak masalah karena putaran dari rotor tidak ngotot, karena faktor kecepatan rotor berasal

dari semburan injeksi gas, misal jika putaran rotor ini turun berarti semburan gas juga berkurang yang artinya ada penghematan bahan bakar.

4.2. Hasil Simulasi Pemodelan Sistem Eksitasi Berdasarkan Sudut Alfa

Pada simulasi pemodelan sistem eksitasi ini dijalankan dengan kondisi beban tetap sebesar $P = 18 \text{ MW}$, $Q = 14 \text{ MVAR}$ dengan merubah pengaturan nilai penembakan pada sudut *thyristor* untuk memperoleh hasil perbedaan arus eksitasi.

Tabel 3.

Hasil Perbandingan Pengujian Berdasarkan Sudut Alfa

No	Sudut Alfa	Arus Eksitasi (A)
1.	0°	2.439
2.	10°	2.418
3.	20°	2.362
4.	30°	2.297
5.	40°	2.341

Diketahui uji coba dengan penembakan sudut alfa dengan kondisi beban tetap sebagaimana pada Tabel 2 terlihat pada penyulut field current menunjukkan titik jenuh penguatan medan pada pengaturan sudut alfa sebesar 40° dengan diperoleh arus eksitasi sebesar 2.341 A. Sehingga ketika sudut dinaikkan dari sudut 30° ke sudut 40° penguatan medan sudah menunjukkan ketetapan nilai arus eksitasi sebesar 2.341 A. Variasi arus eksitasi pada generator dapat menaikkan atau menurunkan tegangan, dengan menyesuaikan beban yang diberikan pada generator, maka generator dapat dikontrol sesuai kebutuhan. Pada system pembangkit PLTG generator sinkron selalu dilengkapi Automatic Voltage Regulator (AVR) yang bekerja pada tegangan DC yang mensuplai eksitasi ke kumparan medan pada generator. AVR mempunyai kontrol dan proteksi yang penting untuk kinerja system daya yang baik dengan mengontrol dan menjaga tegangan pada nilai nominal sesuai dengan penyesuaian eksitasi.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh maka kesimpulan dari penelitian simulasi pemodelan sistem eksitasi pada generator sinkron ini sebagai berikut :

1. Stabilitas perubahan tegangan akibat perubahan beban sebesar 18 MW bisa diantisipasi dengan arus eksitasi sebesar 2.439 A, dan untuk perubahan daya reaktif sebesar 6.1 MVAR juga bisa dilakukan dengan mengatur arus eksitasi.
2. Hasil tegangan keluaran pada beban generator ini berkorelasi nyata dengan fluks medan magnet pada kumparan medan penguatan generator. Dengan If sebesar 2.439 A dihasilkan tegangan keluaran sebesar 6 kV, dan if sebesar 2.920 A dihasilkan tegangan keluaran sebesar 10.9 kV.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Rizkan, Sistem Eksitasi Terhadap Performa Generator Sinkron Unit 2 Di PT. Indonesia Power UPJP Kamojang, Bandung: Universitas Garut, 2018.
- [2] A. Alatas, Simulasi Pemodelan Sistem Eksitasi Statis Pada Generator Sinkron Terhadap Perubahan Beban, Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [3] A. Desmawan, Analisa Sistem Eksitasi Pada Generator PLTGU BLOK 2 PT. PLN (PERSERO) Sektor Pembangkitan Belawan, Medan : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2017.
- [4] D. F. Pamungkas, Sistem Eksitasi Pada Generator PLTU Unit 1 Jawa Tengah Rembang, Semarang : Universitas Diponegoro, 2015.
- [5] A. Kurniawan, Analisa Pengaruh Arus Eksitasi Generator Terhadap Pembebanan Pada PLTA CIRATA Unit 2, Bandung: Politeknik Negeri Bandung., 2015.
- [6] A. Sentosa, Analisis Sistem Eksitasi Terhadap Performa Generator Sinkron di PLTU Suralaya, Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2014.
- [7] M. G. L. Neal J. Balu, "Excitation System Models for Power System Stability Studies," dalam *Power System Stability*, California,

McGraw-Hill, Inc., February 1981, pp. 494-509.

- [8] M. G. L. Neal J. Balu, IEEE Standar Definition for Excitation System for Synchronous Machines, California: McGraw-Hill, Inc., 1986.
- [9] B. Dwi, *Mesin Listrik*, pp. 11-28, 2012.
- [10] T. H. Syahrizal, "Teknik Elektro," *Studi Pengaruh Arus Eksitasi untuk Mengatur Tegangan Keluaran Generator di PT. Indonesia Power UBP Kamojang Unit 2*, pp. 1-12, 2016.
- [11] N. Najib, Analisi Sistem Pembebanan Pada Generator di PT. PLN Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Titi Kuning, Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2018, pp. 31-41.