

**STUDI PENGATURAN TEGANGAN EKSITASI PADA *STEAM TURBINE*
GENERATOR PT. PUPUK SRIWIDJAJA SAAT MENANGGUNG
BEBAN LEBIH**



SKRIPSI

Diajukan Sebagai Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Program Strata-1 Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas
Muhammadiyah Palembang

OLEH :

CATUR HERDI MARTIN

132015104

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG**

2019

SKRIPSI

STUDI PENGATURAN TEGANGAN EKSITASI PADA STEAM TURBINE
GENERATOR PT. PUPUK SRIWIDJAJA SAAT MENANGUNG BEBAN
LEBIH



Dipersiapkan dan Disusun Oleh

Catur Herdi Martin

13 2015 104

Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Telah dipertahankan di depan dewan penguji
Pada tanggal 15 Februari 2019

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing 1

Wiwin A. Oktaviani, S.T., M.Sc
NIDN : 0002107302
Pembimbing 2

Taufik Barlian, S.T., M.Eng
NIDN : 0218017202
Menyetujui
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Kgs. Ahmad Roni, M.T
NIDN : 7630449/0227077004

Penguji 1

Feby Ardianto, S.T., M.Cs
NIDN : 0207038101
Penguji 2

Bengawan Alfaresi, S.T., M.T
NIDN : 0205118504
Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Elektro

Taufik Barlian, S.T., M.Eng
NIDN : 0218017202

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesrjanaan disuatu Perguruan Tinggi, sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Palembang, 18 Maret 2019

Yang membuat pernyataan



Catur Herdi Martin

MOTTO

*“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”
(Surat Al-insiyrah ayat 6)*

*“Dunia adalah tempat ujian, berani menghadapi dunia berani
mengadapi ujian, takut menghadapi ujian jangan menghadapi
dunia, takut menghadapi dunia mati saja ”
(Ustadz Abdul Somad)*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunianya jualah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, tak terlupakan sholawat serta salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah mengeluarkan umat manusia dari kegelapan menuju cahaya benderang.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada kedua orang tuaku Ayahanda dan Ibunda tercinta, yang telah mendidik, membiayai, mendoakan, dan memberi dorongan semangat kepada penulis.

Pada kesempatan ini penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Wiwin. A. Oktaviani, S.T., M.Sc, selaku Pembimbing I
2. Bapak Taufik Barlian, S.T., M. Eng, selaku Pembimbing II

Yang telah bersusah payah dan meluangkan banyak waktunya dalam mengoreksi, serta memberikan saran-saran yang sangat berharga kepada penulis selama penyelesaian skripsi ini.

Selain itu disampaikan juga terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mengizinkan, membantu penulis dalam penyelesaian studi ini, dan tak lupa juga penulis menyampaikan ucapan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Abid Djazuli, S.E., M.M., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
2. Bapak selaku Dr. Ir. Kgs. A. Roni, M.T., Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
3. Bapak Taufik Barlian, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang dan juga sebagai dosen Pembimbing.
4. Bapak Ilham Priyo selaku Superintendent Kelistrikan Pusri II-B/ STG & BB sekaligus selaku pembimbing utama selama kerja Praktik.

5. Seluruh dosen dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang atas bantuan dan perhatiannya kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Saudaraku kakak-kakak dan adiku yang terus memberikan dukungan dan semangat
7. Abangku Abd. Ashal Alam dari Institut Teknologi Nasional yang telah memberikan masukan dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Seluruh teman-teman seperjuanganku (Angkatan 2015) yang tidak saya sebutkan satu-persatu terima kasih atas motivasinya.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis.

Akhir kata penulis mohon maaf apabila terdapat kesalahan baik yang disengaja maupun tidak sengaja, kesempurnaan hanya milik Allah SWT dan kekurangan milik penulis. Harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca, Amin...

Palembang, 12 Februari 2019

Penulis

ABSTRAK

Gangguan pada suatu pembangkit listrik yang terhubung interkoneksi akan merusak kestabilan sistem dan menyebabkan kenaikan beban pada pembangkit lain. Kenaikan beban akan menyebabkan turunya tegangan keluaran generator. Untuk menjaga kestabilan tegangan keluaran generator pengaturan dilakukan dengan cara mengatur arus eksitasi pada rotor. Hal ini dilakukan oleh *Automatic Voltage Regulator (AVR)*. Sistem eksitasi pada *Steam Turbine Generator (STG)* PT. PUPUK SRIWIDJAJA menggunakan sistem *brushless* dimana sumber arus eksitasi berasal dari generator lain yang memiliki magnet permanent, yang kemudian di searahkan oleh *Thyristor*, kemudian di masukan ke Kumparan stator *ac exiter* yang menginduksi kumparan Medan *ac exiter* yang terkopel dengan rotor generator. Tujuan peneliatian ini menghitung sudut penyalaan *thyristor Steam Turbine Generator* PT. PUSRI saat menanggung beban lebih dan bagaimana hubungan keduanya. Tahapan penelitian ini dimulai dengan pengambilan data di PT. PUSRI, kemudian dilanjutkan dengan Pemodelan sistem eksitasi menggunakan *mathlab Simulink* versi R2016a dengan 7 kasus dan jumlah nilai Beban terbesar saat GTG PIII dan GTG PIV mengalami gangguan secara bersamaan. Hasil yang didapatkan nilai sudut penyalaan terbesar terjadi pada saat keadaan normal $81,01^\circ$ sedangkan nilai sudut penyalaan terkecil terjadi pada saat GTG PIII dan GTG PIV mengalami gangguan secara bersamaan dengan nilai sudut $76,50^\circ$.

Kata kunci : Sistem eksitasi, *thyristor*, generator

ABSTRACT

Interference in an interconnected power plant will damage the stability of the system and cause load losses in other plants. Increasing the load will cause the generator output voltage to decrease. To maintain the stability of the generator output voltage is done by adjusting the excitation current in the rotor. This is done by Automatic Voltage Regulator (AVR). Excitation system on Steam Turbine Generator (STG) PT. PUPUK SRIWIDJAJA uses a brushless system where the excitation current source comes from another generator that has a permanent magnet, which is then aligned with the Thyristor, then input to the stator ac exciter coil that induces the coil. The ac field exciter is coupled with the generator rotor. The output of the exciter is rectified by the diode which is then input to the main generator rotor coil. The value of the thyristor ignition angle is inversely proportional to the value of the excitation voltage the greater the voltage needed, the smaller the ignition angle that must be regulated. This research begins with studying material related to generators, retrieving data at PT. PUSRI, do simulations, calculate the ignition angle, and analyze the ability of STG PT. PUSRI. The simulation was carried out using matlab Simulink version R2016a with 7 cases and the largest number of values of the Load when GTG PIII and GTG PIV experienced a disruption with a load of 42.6 MW. The biggest ignition angle value occurs when normal conditions while the smallest ignition angle occurs when

Keywords: Excitation system, thyristor, generator

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Sistematika Penulisan	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Generator Sinkron.....	4
2.2 Prinsip Kerja Generator Sinkron	4
2.3 Reaksi Jangkar Generator Sinkron	5
2.4 Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron.....	6
2.5 Sistem Eksitasi Generator	7
2.6 Komponen Sistem Eksitasi Tanpa Sikat	10
2.7 Prinsip Kerja Eksitasi Tanpa Sikat	14
2.8 Sistem Kelistrikan PT. PUPUK SRIWIDJAJA	15
2.9 Penyearah Terkendali (<i>Conttol Rectrifier</i>).....	17
2.10 <i>Simulink Matlab</i>	20

BAB 3 METODE PENELITIAN	21
3.1 Tahapan Penelitian.....	21
3.2 Jadwal Penelitian Dan Tempat Penelitian.....	22
3.3 Diagram alir.....	23
BAB 4 DATA DAN ANALISIS	24
4.1 Data Penelitian.....	24
4.2 Simulasi menggunakan <i>Simulink Matlab</i> versi R2016a	25
4.3 Analisis Data Perhitungan.....	32
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Kesimpulan.....	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	xxxiv
LAMPIRAN	xlviii

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Proses pembangkitan GGL	5
Gambar 2.2 Rangkaian ekivalen generator sinkron	7
Gambar 2.3 Perbandingan arus eksitasi IF dengan tegangan generator <i>V</i>	8
Gambar 2.4 Rangkaian sistem eksitasi dengan sikat.....	9
Sumber :(Syarif, 2018)	9
Gambar 2.5 Rangkaian sistem eksitasi Tanpa sikat	10
Gambar 2.6 Diagram Kerja Automatic voltage regulator.....	11
Gambar 2.7 Penyearah setengah Gelombang 3 fasa Y.....	12
Gambar 2.8 Kontruksi <i>AC Exiter</i>	12
Gambar 2.9 Dioda berputar.....	13
Gambar 2.10 Tampilan Permanent Magnet Generator.....	14
Gambar 2.11 Prinsip Kerja Sistem Eksitasi Tanpa Sikat.....	14
Gambar 2.12 Sistem kelistrikan PT. PUSRI.....	16
Gambar 2.13 Rangkaian Sistem Eksitasi STG PT. PUSRI	17
Gambar 2.13 Rankaian Penyearah Setengah Gelombang 3 Fasa.....	18
Gambar 2.14 Rankaian Penyearah Gelombang Penuh 3 Fasa	18
Gambar 4.2 Simulasi sistem eksitasi STG PT. PUSRI dengan <i>simulink</i>	25
Gambar 4.3Kasus 1	26
Gambar 4.4 Kasus 2.....	27
Gambar 4.5 Kasus 3.....	27
Gambar 4.6Kasus 4	28
Gambar 4.7Kasus 5	28
Gambar 4.8Kasus 6	29

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Beban terpasang PT. PUSRI.....	24
Tabel 4.2 Spesifikasi Generator STG PT.PUSRI.....	24
Tabel 4.3 Spesifikasi Exiter Generator STG PT.PUSRI	25
Tabel 4.3 Hasil simulasi tegangan eksitasi	29

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4.1 Tegangan keluaran generator	31
Grafik 4.2 Beban yang di tanggung generator	32

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu aspek utama yang harus di penuhi dalam industri pupuk adalah listrik. Umumnya alat produksi pada sebuah pabrik berupa motor motor listrik baik berupa pompa, pemotong maupun kipas pendingin. Oleh karenanya suplai energi listrik haruslah memiliki tingkat keandalan yang tinggi agar proses produksi dapat belangsung secara maksimal. Salah satu indikator kualitas sistem tenaga listrik adalah kestabilan frekuensi dan tegangan. Ke tidak stabilan sistem dapat terjadi akibat gangguan di sistem tenaga listrik.

Pada industri pupuk seperti di PT Pupuk Sriwidjaja (PT. PUSRI) gangguan pada sistem tenaga listrik ini dapat mengganggu atau bahkan menghentikan proses duksi ammonia dan urea. Sehingga untuk mencegah kerusakan pada bahan baku dan menjaga keberlangsungan produksi, gangguan harus segera diatasi atau mengalihkan proses produksi ke suplai tenaga lainnya.

Recovery sistem yang cepat juga dapat menjaga umur pakai dari alat-alat produksi, dalam hal ini adalah motor-motor listrik. Untuk menghidupkan motor-motor listrik tenaga yang dibutuhkan lebih besar dari pada yang di perlukan saat motor beroperasi sehingga biaya operasi juga akan meningkat.

Sistem kelistrikan PT. PUSRI ditopang oleh 4 buah pembangkit berbahan baku gas (*Gas Turbine Generator*) GTG dan dalam waktu dekat akan beroperasi (*Steam Turbine Generator*) STG yang merupakan pembangkit bertenaga uap. Semua pembangkit bertegangan sama yaitu 13,8 kV dan kapasitas pembangkit terbesar dimiliki oleh STG yaitu 38 MW.

Karakteristik beban pada PT. PUSRI cenderung konstan, karena proses produksi terus berjalan 24 jam sehari maka fluktuasi beban nya pun tidak terlalu signifikan (Priyo & Aldrine, 2018). Jika terjadi gangguan pada salah satu pembangkit maka pembangkit tersebut dilepas dari sistem dan beban ditanggung oleh pembangkit lainnya yang masih beroperasi, akibatnya pembangkit yang

normal akan mengalami kenaikan beban. Kenaikan beban yang cukup signifikan ini menyebabkan turunnya tegangan keluaran generator akibat meningkatnya daya pada sisi beban. Pada saat beban naik maka tegangan keluaran akan turun sebaliknya pada saat beban turun maka tegangan keluaran akan naik (Teriamanda, 2016). Untuk mendapat tegangan keluaran generator yang konstan maka diperlukan pengaturan tegangan dengan cara mengatur arus eksitasi menggunakan AVR (*Automatic Voltage Regulator*) dengan mengatur sudut penyalan thyristor pada rangkaian konverter (Ashal Alam, Syahrial, & Taryana, 2015).

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung sudut penyalan *thyristor Steam Turbine Generator* (STG) PT. PUSRI saat menanggung beban lebih dan bagaimana hubungan keduanya.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini besarnya daya MW yang digunakan diambil dari kapasitas terpasang dari setiap pabrik yang mengalami gangguan.

1.4 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan penelitian ini sistematika akan disusun secara sistematis yang terbagi dalam beberapa bab, yakni dengan perincian sebagai berikut:

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi antara lain latar belakang permasalahan, tujuan pembahasan, batasan masalah serta sistematika penulisan.

2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini dibahas secara umum mengenai teori-teori yang mendukung pembuatan skripsi antara lain tentang teori tentang generator sinkron, karakteristik pembebanan generator sinkron, sistem eksitasi generator serta penyearah terkendali gelombang penuh.

3. BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini membahas rincian metode pengerjaan skripsi ini dengan *flow chart*, jadwal penelitian, dan tempat penelitian.

4. BAB 4 DATA dan ANALISIS

Bab ini berisikan Data, Simulasi sistem eksitasi STG PT. PUSRI, Perhitungan sudut penyalan *thyristor* pada sistem Eksitasi Saat Generator menanggung beban lebih.

5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang diperoleh dari pembahasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhdan, A. (2015, Mei 31). *Jenis jenis dioda* . Retrieved Desember 25, 2015, from Akhdanazizan: <https://akhdanazizan.com/jenis-dioda-penyearah/>
- Armansyah, & Sudaryanto. (2016). Pengaruh Penguatan Medan Generator Sinkron Terhadap Tegangan Terminal. *Journal of Electrical Tecnology* , 48-54.
- Ashal Alam, A., Syahrial, & Taryana, N. (2015). Pemodelan dan Simulasi Automatic Voltage Regulator untuk Generator Sinkron 3 kVA. *Jurnal Reka Elkomika* , 97-110.
- Bandri, S. (2013). Analisa Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Generator Sinkron (Aplikasi PLTG Pauh Limo Padang). *Jurnal Teknik Elektro Institut Teknologi Padang* , 42-54.
- Chapman, S. (2012). *Electric Machinery Fundamentals*. New York: The McGraw-Hill Companies Inc.
- Ion, B. (2006). *Synchronous Generator*. Timisoara: Taylor and Francis Group.
- Juhari. (2013). *Generator*. Jakarta: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Laksono, H. D. (2014). Perancangan dan Analisa Kendali Sistem Eksitasi Generator Tipe Arus Searah dengan Pidtool Model Paralel. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Andalas* , 26-35.
- Pitera, J. (2016, Juni 3). *Brushless Permanent Magnet Alternator*. Retrieved Desember 28, 2018, from Georator Corporations: <https://www.georator.com/brushless-permanent-magnet-alternators.html>
- Priyo, I., & Aldrine. (2018, February 15). Sistem Eksitasi STG PT. PUSRI. (S. Isnaini, & S. Nugraha, Interviewers)
- Rahman, Y. A. (2011). Aplikasi Karakteristik Penyearah Satu Fase Terkendali Pulse Width Modulation. *Smartrek* , 70-78.
- Rashid, M. (2011). *Power Electronics Devices, Circuits, and Applications*. New York: Elsevier.

- Syarif, N. (2018). *Perbedaan Sistem Eksitas antara Generator STG PUSRI-IIB dan GENERATOR GTG PUSRI-IV PT. PUSRI Palembang*. PALEMBANG.
- Teriamanda, G. (2016). Studi Pengaturan Arus Eksitasi untuk Mengatur Tegangan Keluaran Generator. *Jurnal Reka Elkomika* , 51-62.
- Wikrama, R. A. (2013, Mei 4). *Cara Kerja Generator Listrik dengan Menggunakan PMG*. Retrieved Desember 30, 2018, from Megatrika UGM: <https://ugmmagatrika.wordpress.com/2013/05/04/cara-kerja-generator-listrik-brushless-dengan-menggunakan-pmg-permanent-magnet-generator/>