

**HALAMAN JUDUL**

**STUDI SISTEM EKSITASI PADA GENERATOR SINKRON DI  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA) PANGLIMA BESAR  
SOEDIRMAN PT INDONESIA POWER UP MRICA**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyarat Untuk Mencapai Derajat Strata-1**

**Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**Disusun Oleh:**

**SUSILO**

**20140120147**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**YOGYAKARTA**

**2019**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**TUGAS AKHIR**

**STUDI SISTEM EKSITASI PADA GENERATOR SINKRON DI  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA) PANGLIMA BESAR  
SOEDIRMAN PT INDONESIA POWER UP MRICA**

Disusun Oleh:

**Susilo**

**20140120147**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**YOGYAKARTA**

**2019**


Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal

15 Januari 2019

Mengetahui

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

  
**Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T.**  
**NIK. 19741010201010123056**

  
**Anna Nur Nazilah Chamim, S.T., M. Eng**  
**NIK. 197608062005012001**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**STUDI SISTEM EKSITASI PADA GENERATOR SINKRON DI  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA) PANGLIMA BESAR  
SOEDIRMAN PT INDONESIA POWER UP MRICA**

Disusun Oleh:

**Susilo**

**20140120147**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA  
2019**

Telah Dipertahankan dan Disahkan Pada Tanggal 15 Januari 2019

**Susunan Dewan Penguji**

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T.  
NIK. 19741010201010123056

Anna Nur Nazilah Chamim, S.T., M. Eng  
NIK. 197608062005012001

Penguji

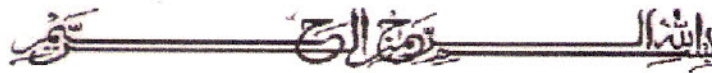
Kunnu Purwanto, S.T., M. Eng  
NIK. 19830919201710123103

Skripsi Ini Telah Dinyatakan Sah Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

**Mengesahkan**

**Ketua, Program Studi Teknik Elektro**  
  
Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T.  
NIK. 19741010201010123056

## HALAMAN PERNYATAAN



Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Susilo  
Nim : 20140120147  
Jurusan : Teknik Elektro

Disini penulis menyatakan, bahwasannya hasil skripsi ini adalah asli karya saya untuk menyelesaikan program studi teknik elektro dan pengambilan data sesuai pada hasil yang ada dilapangan. Sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka

Yogyakarta, 15 Januari 2019



SUSILO

## MOTTO



اللَّهُمَّ لَا سَهْلَ إِلَّا مَا جَعَلْتَهُ سَهْلًا وَأَنْتَ تَجْعَلُ الْحَزْنَ إِذَا شِئْتَ سَهْلًا

“Ya Allah, tidak ada kemudahan kecuali apa yang Engkau jadikan mudah. Dan apabila Engkau berkehendak, Engkau akan menjadikan kesusahan menjadi kemudahan.”



## HALAMAN PERSEMBAHAN



*- Skripsi ini penulis persembahkan untuk -*

*Ibu dan bapakku, yang selalu mendo'akan dan mendukungku disetiap langkahku, selalu memberikan motivasi agar mejadi anak yang lebih baik serta memberikan kasih sayang yang teramat besar yang tak pernah bisa terbalasakan dengan bal apapun.*

*Kakak-kakakku, yang sudah seperti orang tua kedua, selalu memberikan motivasi dan terkadang menjadi teman curhat baik suka maupun duka.*

*Adik-adikku, yang suka bikin kesel tapi bila jauh suka rindu, harapan kakakmu ini semoga kalian bisa lebih baik dari apa yang kakakmu capai samapai saat ini, semoga sukses dan selalu menjadi kebanggan dari kedua orang tua.*

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, Allah Azza wa Jalla yang telah melimpahkan rahmat dan keruniaNya, sehinga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir dengan judul “STUDI SISTEM EKSITASI PADA GENERATOR SINKRON DIPEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA) PANGLIMA BESAR SOEDIRMAN PT INDONESIA POWER UP MERICA”. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya serta sahabatnya dan tak lupa juga kita selaku umatnya yang selalu taat dan patuh pada ajarannya.

Penyusunan Tugas akhir merupakan salah satu syarat wajib ditempuh oleh mahasiswa program studi Strata 1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa kesuksesan tidak akan terwujud tanpa adanya dukungan dan do'a dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Jazaul Ikhsan, ST., M.T.,Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Ramadoni syahputra, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan sekaligus sebagai

Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

3. Ibu Anna Nur Nazilah Chamim, S.T., M. Eng selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
4. Seluruh Dosen Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang tak pernah ada bosannya memberikan ilmunya hingga sampai saat ini.
5. Staff Tata Usaha Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
6. Staff Laboratorium Jurusan Teknik Elekrto Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
7. Teman-teman kelas C 2014 Teknik Elekrto Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, yang tak bisa disebutkan satu persatu karena jika ada yang tak disebutkan namanya dapat menimbulkan perang saudara.
8. Keluarga besar Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
9. Keluarga KKN 062 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (Keranggan, Gunung Kidul).
10. Gita Agzhumi yang selalu ada baik suka maupun duka, hingga sampai saat ini.
11. Keluarga besar Kops Suka Rela (KSR) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
12. Divisi Pemeliharaan Listrik pada PLTA Panglima Besar Soedirman.



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMA PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DATAR ISI .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Landasan Teori.....	6
2.2.1 Generator Sinkron .....	6
2.2.2 Prinsip Kerja Generator.....	8

2.2.3	Konstruksi Generator Sinkron.....	11
2.2.3.1	Stator.....	12
2.2.3.2	Rotor.....	16
2.2.3.3	Poros.....	18
2.2.3.4	<i>Slip Ring</i> (Cincin Geser).....	19
2.2.3.5	Air Gap (Celah Udara).....	19
2.2.3.6	Rumah Generator.....	20
2.2.3.7	<i>Shaft Alignment</i> (Penjajar Poros).....	20
2.2.4	Karakteristik Generator Sinkron.....	20
2.2.5	Sinkronisasi Pada Generator.....	23
2.2.6	Reaksi Jangkar Generator Sinkron.....	25
2.2.7	Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron.....	27
2.2.8	Penguatan Tegangan.....	30
2.2.9	Sistem Eksitasi Pada Generator Sinkron.....	32
2.2.10	Beban Generator Sinkron.....	41
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>44</b>
3.1	Letak Lokasi Penelitian.....	44
3.2	Penempatan Divisi.....	44
3.3	Waktu Penelitian.....	45
3.4	Bahan dan Alat Penelitian Tugas Akhir.....	45
3.5	Metode Pengumpulan Data.....	45
3.6	Profil Singkat Perusahaan.....	46
3.7	Diagram Alur Penelitian Tugas Akhir.....	48
<b>BAB IV</b>	<b>PEMBAHASAN DAN ANALISIS.....</b>	<b>53</b>
4.1	Sistem Eksitasi Pada PLTA Panglima Besar Soedirman.....	53
4.2	Peralatan Sistem Eksitasi Pada PLTA Panglima Besar Soedirman.....	54
4.2.1	Generator.....	54

4.2.2	<i>Battery</i> .....	56
4.2.3	<i>Battery Charger</i> .....	57
4.2.4	<i>Automatic Voltage Regulator (AVR)</i> .....	58
4.2.5	<i>Thyristor Rectifier</i> .....	59
4.2.6	<i>Excitation Transformer</i> .....	59
4.2.7	Field Current Regulator (FCR) .....	61
4.2.8	Sikat Arang Yang Digunakan Pada PLTA Panglima Besar Soedirman.....	61
4.3	Mekanisme Kerja Pada PLTA Panglima Besar Soedirman.....	65
4.4	Gangguan Eksitasi .....	67
4.5	Perawatan Eksitasi .....	69
4.6	Analisis Karakteristik Sistem Eksitasi Generator Sinkron Pada PLTA Panglima Besar Soedirman .....	70
4.6.1	Hubungan Arus Jangkar dan Arus Eksitasi Terhadap Operasi Harian .....	73
4.6.1.1	Hubungan Arus Jangkar ( $I_a$ ) Terhadap Waktu (Operasi Harian) .....	73
4.6.1.2	Hubungan Arus Eksitasi ( $I_f$ ) Terhadap Waktu (Operasi Harian) .....	75
4.6.2	Pengaruh Ketidaktetapan (Fluktuasi) Tegangan .....	76
4.6.2.1	Hubungan GGL Induksi ( $E_a$ ) Terhadap Arus Eksitasi ( $I_f$ ) .....	83
4.6.2.2	Hubungan Tegangan Terminal (kV) Terhadap Arus Eksitasi ( $I_f$ ) .....	84
4.6.2.3	Hubungan Pembebanan (MW) Terhadap Arus Eksitasi ( $I_f$ ) .....	91
4.6.2.4	Hubungan Pembebanan (MW) Terhadap Frekuensi (Hz) Generator .....	92
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>94</b>
5.1	Kesimpulan .....	94
5.2	Saran.....	95

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Generator Sinkron .....	7
Gambar 2.2	Sistem pembangkitan Generator Sinkron.....	9
Gambar 2.3	Kumparan Tiga Fasa .....	10
Gambar 2.4	Diagram Generator AC Tiga Fasa Dua Kutub .....	11
Gambar 2.5	Diagram Generator AC Tiga Fasa Satu Kutub.....	11
Gambar 2.6	Konstruksi Generator Sinkron:.....	12
Gambar 2.7	Alur Stator dan Inti Stator .....	13
Gambar 2.8	Bentuk <i>slot</i> (alur).....	14
Gambar 2.9	<i>Single Layer Winding</i> (Belitan Satu Lapis) Generator Sinkron Tiga Fasa .....	14
Gambar 2.10	Urutan fasa ABC .....	15
Gambar 2.11	<i>Double Layer Winding</i> (Belitan Berlapis Ganda) Generator Sinkron Tiga Fasa .....	16
Gambar 2.12	Konstruksi <i>Salient Pole</i> (Kutub Menonjol).....	17
Gambar 2.13	Konstruksi <i>Non Salient Pole</i> (Kutub Silindris).....	18
Gambar 2.14	Poros Generator dan Turbin pada PLTA Panglima Besar Soedirman .....	19
Gambar 2.15	Rangkaian Generator Sinkron Pada Kondisi <i>Open Circuit</i> .....	21
Gambar 2.16	Rangkaian Generator Pada Kondisi Hubung Singkat Satu fasa.....	21
Gambar 2.17	Rangkaian Generator Pada Kondisi Hubung Singkat Tiga Fasa.....	22
Gambar 2.18	Karakteristik Ketika Kondisi Hubung Singkat.....	23
Gambar 2.19	Model Reaksi Jangkar .....	25
Gambar 2.20	Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron.....	28

Gambar 2.21 Penyederhanaan Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron.....	29
Gambar 2.22 Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron Tiga Fasa .....	29
Gambar 2.23 Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron (a) Hubung-Y (b) Hubung-D.....	30
Gambar 2.24 <i>Sistem Eksitasi Brush Excitation (Menggunakan Sikat)</i> .....	34
Gambar 2.25 Sistem Eksitasi Statis .....	35
Gambar 2.26 Sistem Eksitasi Menggunakan Generator Arus Searah.....	36
Gambar 2.27 Sistem Eksitasi <i>Brushless Excitation</i> (Tanpa Sikat).....	37
Gambar 2.28 Sistem Eksitasi Menggunakan <i>Permanent Magnet Generator</i> (PMG) .....	39
Gambar 2.29 Bentuk Gelombang Beban Resistif .....	41
Gambar 2.30 Bentuk Gelombang Beban Induktif (L) .....	42
Gambar 2.31 Bentuk Gelombang Beban Kapasitif.....	43
Gambar: 3.1 Peta Lokasi PLTA Panglima Besar Soedirman .....	44
Gambar 3.2 PLTA Panglima Besar Soedirman .....	46
Gambar 3.3 Diagram Alur Penelitian Tugas Akhir .....	49
Gambar 4.1 Principle Diagram Excitation PLTA Panglima Besar Soedirman ....	53
Gambar 4.2 Generator pada PLTA Panglima Besar Soedirman.....	55
Gambar 4.3 <i>Battery</i> PLTA Panglima Besar Soedirman.....	57
Gambar 4.4 <i>Battery charger</i> .....	58
Gambar 4.5 <i>Thyristor rectifier</i> .....	59
Gambar 4.6 <i>Excitation Tranformator</i> pada PLTA.....	60
Gambar 4.7 Sikat Arang.....	62
Gambar 4.8 Ilustrasi Posisi Sikat Arang pada Generator.....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Spesifikasi Generator pada PLTA Panglima Besar Soedirman .....	55
Tabel 4.2 Spesifikasi <i>Batteray</i> pada PLTA Panglima Besar Soedirman .....	56
Tabel 4.3 Spesifikasi <i>Excitation Transformator</i> pada PLTA Panglima Besa Soedirman .....	60
Tabel 4.4 Spesifikasi Sikat Arang pada PLTA Panglima Besar Soedirman.....	62
Tebel 4.5 Gangguan Eksitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman .....	67
Tabel 4.6 Tabel Perawatan Eksitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman .....	69
Tabel 4.7 Operasi harian Pada PLTA Panglima Besar Soedirman.....	71
Tabel 4.8 Hasil perhitungan GGL Induksi ( $E_a$ ) pada PLTA .....	80
Tabel 4.8 Presentase Tegangan <i>supply</i> Generator Sinkron di PLTA Panglima Besar Soedirman .....	89

## INTISARI

Generator merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam industri energi listrik, dimana generator berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pada dasarnya generator sangat berkaitan dengan sistem eksitasi, yang mana sistem eksitasi adalah sistem mengalirnya arus searah yang digunakan sebagai penguatan pada generator listrik sehingga menghasilkan energi listrik. Besarnya tegangan keluaran generator bergantung dengan besarnya arus eksitasi. Sistem eksitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman menggunakan tipe eksitasi statis, dimana arus diperoleh dari tegangan keluaran generator itu sendiri. Gangguan yang sering terjadi di generator yaitu pada bagian rotor atau sistem penguat. Adapun salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menghindari terjadinya kerusakan pada generator yaitu dengan mengetahui karakteristik dari penguatan sistem eksitasi seperti tegangan pada generator, arus eksitasi dan pembebanan. Ketika sistem eksitasi berada dalam kondisi *over excitation* maka arus eksitasi yang telah diinjeksikan harus diturunkan, begitu juga sebaliknya ketika sistem eksitasi berada dalam kondisi *under excitation* maka arus eksitasi yang telah diinjeksikan harus dinaikkan. Pada tabel operasi harian di PLTA Panglima Besar Soedirman nilai sistem eksitasinya tanggal 28 Mei – 27 Juni tahun 2018 tidak tetap atau tidak stabil, dimana nilai arus eksitasi tertinggi yaitu mencapai 686,93 A pada hari ke 23 sedangkan untuk nilai terendahnya 543,13 A pada hari ke 6. Hal tersebut dikarenakan pada kondisi pembebanan yang sering mengalami perubahan setiap waktu, sehingga menimbulkan ketidak tetapan pada arus eksitasi. Ketika permintaan beban yang semakin besar, maka nilai eksitasi diperbesar pula sehingga pada rotor generator akan berputar semakin kencang. Oleh sebab itu, dengan mengetahui karakteristik parameter dari sistem eksitasi yang digunakan dapat meminimalisir terjadinya kerusakan pada generator akibat sistem eksitasi yang kurang baik.

Kata kunci : Generator, Sistem Eksitasi, Karakteristik Penguatan Sistem Eksitasi,



## ABSTRACT

The generator is a very important and prominent component thing in the electrical energy industry, which generator converts mechanical energy into electrical energy. Basically the generator is very related to the excitation system, which the excitation system is a direct current system that used as reinforcement in electric generator to produce electrical energy. The magnitude of the generator output voltage is depend on the amount of excitation current. The excitation system in PLTA (Hydroelectric Power Plant) of Panglima Besar Soedirman uses a type of static excitation, which current obtained from the voltage output generator itself. Interference that often occurs in generator, is in the rotor or amplifier system. As the mean effort that can be done to prevent the occurrence of damage to the generator, such as voltage on the generator, excitation and loading current. When the excitation system is in over excitation condition, the stream excitation must be reduced, on the contrary if the excitation system is in under excitation that injection has to be increased too. In the daily operation table in PLTA (Hydroelectric Power Plant) of Panglima Besar Soedirman, the value of the excitation system on 28<sup>th</sup> May – 27<sup>th</sup> June 2018 is not fixed or unstable, where the highest excitation current value is 686.93 A on 23<sup>th</sup> days while the lowest value is 543.13 A on 6<sup>th</sup> days. This is because in the loading conditions that often change every time, that the creates irregularities in the excitation current. When the load demands are getting bigger, the excitation value is enlarged so that the generator rotor will spin faster. Therefore, knowing the parameter characteristics of the excitation system used can minimize and reduce the occurrence of damage to the generator due to the deficient excitation system.

Keywords: Generator, Excitation System, Strengthening Excitation System Characteristics.