

HALAMAN JUDUL

TUGAS AKHIR

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

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Program Strata Satu (S-1)

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh:

ARI SENTOSA

20140120112

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

2018

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

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

Disusun Oleh:

Ari Sentosa

20140120112

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2018**


Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal

18 Mei 2018

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
ANALISIS SISTEM EKSTIASI TERHADAP PERFORMA
GENERATOR SINKRON DI PLTU SURALAYA

Disusun Oleh:

Ari Sentosa

20140120112

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2018

Telah Dipertahankan dan Disahkan Pada Tanggal 18 Mei 2018

Susunan Dewan Penguji

Dosen Pembimbing 1



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

Dosen Pembimbing 2



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

Penguji



Rama Okta Wiyagi, S.T., M. Eng
NIK. 19861017201504123079

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 : Ari Sentosa
NIM : 20140120112
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir ini merupakan hasil karya tulis saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan 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, 18 Mei 2018



20140120112

HALAMAN PERSEMBAHAN



Skripsi ini adalah Tugas Akhir dari Studi S1 Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah di selesaikan selama 4 tahun. Sebagaimana skripsi ini yaitu bukti sikap berbakti kepada orang tua sehingga dapat membuat ibunda dan ayahanda memiliki senyum yang bahagia. Dengan melihat senyuman mereka hal itu sebagai tanda menuju langkah yang lebih baik lagi demi menuntut ilmu lebih tinggi lagi agar menjadi generasi muda mendatang yang bermanfaat bagi bangsa dan agama di tanah air Indonesia.

Selanjutnya persembahan kepada kakak dan adik tercinta. Skripsi ini sebagai bukti juga bahwa tugas seorang anak keempat memberikan contoh kepada adiknya dalam hal menuntut ilmu. Sehingga nantinya adik – adik dapat lebih mendapatkan gambaran kedepannya bagaimana menjadi lebih baik dari kakak yang telah menyelesaikan tugas akhir ini.

MOTTO



“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.”

~QS. Al-Insyirah ayat 5-8~

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri.”

~QS. Ar-Ra'd ayat 11~

"Jika kamu tidak dapat menahan lelahnya belajar, Maka kamu harus sanggup menahan perihnya Kebodohan."

~Imam Syafi'i~

“Jadilah kamu manusia yang pada kelahiranmu semua orang tertawa bahagia, tetapi hanya kamu sendiri yang menagis, dan pada kematianmu semua orang menagis sedih, tetapi hanya kamu yang sendiri yang tersenyum”

~Mahatma Gandhi~

“Tuhan menaruhmu di ‘tempatmu’ yang sekarang bukan karena kebetulan. Orang yang hebat tidak dihasilkan melalui kemudahan, kesenangan dan kenyamanan”

~Prof. Dr. (H.C) Dahlan Iskan~

INTISARI

PLTU Suralaya unit 3 merupakan pembangkit listrik tenaga uap dengan kemampuan pembangkitan 400 MW. Sebagai pembangkit listrik yang besar pastilah memiliki generator dengan kapasitas yang besar agar dapat membangkitkan atau menghasilkan tenaga listrik. Generator dapat membangkitkan tenaga listrik karena dilengkapi dengan sistem eksitasi. Sistem eksitasi merupakan sistem pemberian arus searah pada belitan medan yang terdapat pada rotor agar menjadi magnet, sehingga akan menghasilkan fluks-fluks magnet. Ketika kumparan medan jangkar pada stator yang diberi arus eksitasi diputar dengan kecepatan tertentu, maka kumparan jangkar yang terdapat pada stator akan terinduksi oleh fluks-fluks magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan, sehingga akan dihasilkan tegangan listrik-bolak balik. Besar tegangan yang dihasilkan tergantung pada besarnya arus eksitasi yang diberikan pada rotor. Untuk menghindari kerusakan pada generator salah satu langkah yang dilakukan yaitu dengan memahami karakteristik dari pengaturan sistem eksitasi terhadap pembebanan, arus eksitasi dan prosentase tegangan *supply* pada generator. Pembebanan sangat mempengaruhi sistem eksitasi pada generator. Ketika beban mengalami kenaikan, maka tegangan jaringan akan turun yang menyebabkan tegangan generator juga ikut turun. Berdasarkan perhitungan prosentase tegangan *supply* generator, nilai prosentase tegangan *supply* generator sinkron tertinggi yaitu +2.83% dimana nilai pembebanan 265.18 MW dan tegangan keluaran generator 23.65 kV, sedangkan nilai terendah dari tegangan *supply* yaitu -1.87% dimana nilai pembebanan 399.19 MW dan tegangan keluaran generator 22.57 kV. Dari kondisi itu dapat disimpulkan bahwa tegangan *supply* generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3 berada dalam kondisi aman berdasarkan standar PLN yaitu pada kondisi -5% dan +10%. Oleh karena itu, dengan memahami parameter dari karakteristik dan prosentase tegangan *supply* generator, maka akan dapat diketahui pengaruh arus eksitasi terhadap performa generator yaitu pada kondisi *over excitation* atau *under excitation*.

Kata kunci: Sistem Eksitasi, Arus Eksitasi, Generator Sinkron

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*

KATA PENGANTAR



Assalammu'alaikum Wr. Wb.

Dengan Mengucapkan Puji dan Syukur penulis panjatkan akan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah -Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir (Skripsi) dengan judul:

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

Berbagai upaya telah penulis lakukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir (Skripsi) ini, tetapi karena keterbatasan kemampuan penulis, maka penulis meminta maaf yang sebesar-besarnya karena masih banyak kekurangan-kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir (Skripsi) ini, baik dalam susunan kata, kalimat maupun sistematik pembahasannya, penulis berharap Tugas Akhir (Skripsi) ini dapat memberikan sumbangan yang cukup positif bagi penulis khususnya dan pembaca sekalian pada umumnya.

Terwujudnya Tugas Akhir (Skripsi) ini tidak dari bantuan dan dorongan berbagai pihak yang sangat besar artinya, dan dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah -Nya, sehingga penulisan Tugas Akhir (Skripsi) ini dapat berjalan dengan lancar dan Tugas Akhir (Skripsi) ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya.
2. Kedua Orang tuaku, yaitu: Bapak Alius Wahid dan Ibu Desmawati. Abang – abangku, yaitu: Teddy Pratama, Oscar Saputra, Dino Prakasa dan adikku Fathir Rizki Aldinata serta segenap keluarga besarku untuk segalanya, yang telah kalian berikan sepenuh hati.

3. Bapak Jazaul Ikhsan, S.T., M.T., Ph. D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Bapak Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro sekaligus Dosen Pembimbing tugas akhir I yang dengan sabar membimbing, membagi ilmunya dan mengerahkan penulis selama melaksanakan penelitian Tugas Akhir (Skripsi) hingga dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir (Skripsi) ini.
5. Ibu Anna Nur Nazilah Chamim, S.T., M. Eng sebagai Dosen Pembimbing tugas akhir II yang juga dengan sabar membimbing, membagi ilmunya dan mengarahkan penulis selama melaksanakan penelitian Tugas Akhir (Skripsi) hingga dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir (Skripsi) ini.
6. Bapak Rama Okta Wiyagi, S.T., M. Eng sebagai penguji pada saat pendadaran.
7. Segenap Dosen pengajar di jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, terimakasih atas segala bantuan yang selama ini telah diberikan.
8. Staf Tata Usaha Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
9. Staf Laboratorium Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
10. Teman - teman selama menjalani penelitian tugas akhir Tommy, Rendi dan Rahmat terimakasih untuk do'a dan semangatnya.
11. Teman sekaligus saudara seperjuanganku Teknik Elektro Kelas C yang selama ini belajar bersama dari semester 1 hingga sekarang.
12. Seluruh mahasiswa teknik elektro UMY yang telah banyak membantu dalam perkuliahan saya.
13. Teman-teman sekaligus keluarga sekosan saya Tommy, Abduh, Rozi, Fariz dan Aby terimakasih atas semangat dan motivasinya.

14. Serta semua pihak yang membantu dalam penulisan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terima Kasih yang sebesar-besarnya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu penulisan sangat mengharpakan kritik serta saran yang dapat membangun untuk perbaikan dan pengembangan penelitian selanjutnya.

Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan memberikan tambahan ilmu bagi para pembaca. Semoga Allah SWT meridhoi kita semua. Amin ya Robbal Alamin.

Wassalammu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 18 Mei 2018

Ari Sentosa
20140120112

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
INTISARI	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Landasan Teori	10
2.2.1 Generator Sinkron	10

2.2.2 Prinsip Kerja Genarator Sinkron	11
2.2.3 Konstruksi Generator Sinkron	14
2.2.4 Sinkronisasi Generator	23
2.2.5 Reaksi Jangkar Generator	25
2.2.6 Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron	28
2.2.7 Karakteristik Generator Sinkron	31
2.2.8 Daya Generator	35
2.2.8.1 Pengertian Daya	35
2.2.8.2 Faktor Daya	36
2.2.8.3 Pengertian Daya	36
2.2.8.4 Daya Sistem Tiga Fasa	36
2.2.9 Sistem Eksitasi	37
2.2.9.1 Sistem Eksitasi Menggunakan Sikat	39
2.2.9.2 Sistem Eksitasi Tanpa Sikat	42
2.2.10 Beban Pada Generator	47
2.2.10.1 Beban Resistif (R)	47
2.2.10.2 Beban Induktif (L)	48
2.2.10.3 Beban Kapasitif (C)	49
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	51
3.1 Alat dan Bahan Penelitian	51
3.2 Waktu Penelitian	51
3.3 Metode Penelitian	51
3.4 Langkah Penyusunan Karya Tulis	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	58
4.1 Sistem Eksitasi Pada Generator Sinkron di PLTU Suralaya	58

4.1.1 Umum	58
4.1.2 Peralatan <i>Brushless Excitation System</i>	60
4.1.3 Mekanisme Kerja Sistem Eksitasi di PLTU Suralaya.....	66
4.2 Analisis Karakteristik Sistem Eksitasi di PLTU Suralaya unit 3	68
4.2.1 Hubungan Antara Arus Eksitasi dan Arus Jangkar	71
4.2.2.1 Hubungan Arus Eksitasi Terhadap Waktu (Hari)	73
4.2.2.2 Hubungan Arus Jangkar Terhadap Waktu (Hari)	74
4.2.2 Hubungan Antara Arus Eksitasi dan Faktor Daya	76
4.2.3 Pengaruh Ketidakstabilan (fluktuasi) Tegangan	78
4.2.3.1 Hubungan Arus Eksitasi Terhadap GGL induksi	83
4.2.3.2 Hubungan Arus Eksitasi Terhadap tegangan terminal	84
4.2.4 Pengaruh Pembebanan Terhadap Arus Eksitasi.....	86
4.2.4.1 Hubungan Pembebanan Terhadap Arus eksitasi	87
4.2.4.2 Hubungan Pembebanan Terhadap Frekuensi	88
4.3 Prosentase Tegangan <i>Supply</i> Pada Generator Sinkron	90
4.3.1 Hubungan Antara Prosentase Tegangan <i>Supply</i> Generator Terhadap Tegangan Terminal Generator	95
4.3.2 Hubungan Antara Prosentase Tegangan <i>Supply</i> Generator Terhadap Daya Aktif.....	96
BAB V PENUTUP	99
5.1 Kesimpulan	99
5.2 Saran	101
DAFTAR PUSTAKA	102
LAMPIRAN.....	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Konstruksi generator sinkron	14
Gambar 2.2. Rotor <i>salient pole</i>	17
Gambar 2.3. Rotor kutub <i>non-salient pole</i>	19
Gambar 2.4. Konstruksi rotor	20
Gambar 2.5. Bentuk alur.....	21
Gambar 2.6. Konstruksi kumparan rotor	22
Gambar 2.7. Reaksi jangkar.....	26
Gambar 2.8. Rangkaian ekivalen generator sinkron	28
Gambar 2.9. Penyederhaan rangkaian ekivalen generator sinkron	30
Gambar 2.10. Rangkaian ekivalen generator sinkron tiga fasa	30
Gambar 2.11. Rangkaian ekivalen generator sinkron hubung Y dan D.....	31
Gambar 2.12. Rangkaian generator sinkron pada kondisi <i>open circuit</i>	32
Gambar 2.13. Kurva V_g terhadap I_f pada kondisi <i>open circuit</i>	32
Gambar 2.14. Rangkaian generator pada kondisi hubung singkat satu fasa.....	33
Gambar 2.15. Rangkaian generator pada kondisi hubung singkat tiga fasa	33
Gambar 2.16. Karakteristik pada kondisi hubung singkat	34
Gambar 2.17. Hubungan Y beban seimbang	37
Gambar 2.18. Bentuk sederhana sistem eksitasi pada generator	38
Gambar 2.19. Sistem eksitasi menggunakan generator arus searah.....	40
Gambar 2.20. Sistem eksitasi statis	42
Gambar 2.21. Sistem eksitasi dengan menggunakan baterai.....	43
Gambar 2.22. Sistem eksitasi dengan suplai tiga fasa.....	44
Gambar 2.23. Sistem eksitasi dengan menggunakan PMG.....	45
Gambar 2.24. Bentuk gelombang dari beban resistif	48
Gambar 2.25. Bentuk gelombang dari beban induktif	49
Gambar 2.26. Bentuk gelombang dari beban Kapasitif	50
Gambar 3.1. Peta lokasi PLTU Suralaya	53
Gambar 4.1. Blok diagram <i>brushless excitation</i> di PLTU Suralaya	59

Gambar 4.2. Grafik hubungan arus eksitasi (I_f) terhadap arus jangkar (I_a)	71
Gambar 4.3. Grafik hubungan arus eksitasi (I_f) terhadap waktu (hari)	73
Gambar 4.4. Grafik hubungan arus eksitasi (I_f) terhadap waktu (hari)	75
Gambar 4.5. Grafik hubungan arus eksitasi (I_f) terhadap faktor daya ($\cos \phi$) ..	76
Gambar 4.6. Grafik hubungan arus eksitasi (I_f) terhadap GGL Induksi (E_a)	83
Gambar 4.7. Grafik hubungan arus eksitasi (I_f) terhadap tegangan terminal (kV)	85
Gambar 4.8. Grafik hubungan pembebanan (MW) terhadap arus eksitasi (I_f)	87
Gambar 4.9. Grafik hubungan pembebanan (MW) terhadap frekuensi (Hz)	89
Gambar 4.10. Grafik hubungan prosentase tegangan supply (%) terhadap tegangan terminal generator (kV).	95
Gambar 4.11. Grafik hubungan prosentase tegangan supply (%) terhadap daya aktif (MW).....	97

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Spesifikasi sistem eksitasi PLTU Suralaya	61
Tabel 4.2. Spesifikasi eenerator PLTU Suralaya	61
Tabel 4.3. Spesifikasi <i>rotating rectifier</i> PLTU Suralaya	63
Tabel 4.4. Spesifikasi <i>main exciter</i> PLTU Suralaya	63
Tabel 4.5. Spesifikasi pilot <i>exciter</i> PLTU Suralaya.....	64
Tabel 4.6. Data operasi harian PLTU Suralaya unit 3 01 Januari - 31 Januari 2018	69
Tabel 4.7. Hasil Perhitungan GGL Induksi (E_a) di PLTU Suralaya unit 3	81
Tabel 4.8. Hasil Perhitungan prosentase tegangan <i>supply</i> generator.....	93