

**HALAMAN JUDUL**

**TUGAS AKHIR**

***LOAD SHARING PADA OPERASI PARALEL GENERATOR***

**DI PLTU SURALAYA**

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



**Disusun Oleh:**

**RENDI HADITYA**

**20140120103**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2018**

## HALAMAN PERNYATAAN

Menyatakan Yang bertanda tangan dibawah ini:

**Nama** : RENDI HADITYA

**NIM** : 20140120103

**Jurusan** : Teknik Elektro

**Fakultas** : Teknik

**Universitas** : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi yang ada, dan sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis di kutip dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 19 Mei 2018

Yang menyatakan,



**Rendi Haditya**

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Penulis mempersembahkan karya ini untuk:

**Ayahanda Mustaqim & Ibunda Nokafifah**

Yang hingga saat ini selalu memberikan kasih sayang, dukungan moral, nasihat, bimbingan, serta do'a yang tiada batasnya

**Gunawan, Ayu Elok Izati, Ricky Imanda, Hani, Fera Fanesya, dan Hera Zahara**

Terimakasih kepada kakak dan adek yang hingga saat ini selalu memberikan support sehingga penulis mampu menyelesaikan pembuatan tugas akhir ini

**Ari Sentosa, A. Fajriah Tomy & Rahmat Agi Saputra**

Terimakasih atas do'a dan dukungannya serta waktu bersama dalam menyelesaikan tugas ini

**Teman-teman Teknik Elektro UMY 2014**

Terimakasih telah memberikan kesan yang sangat baik dalam menyelesaikan karya ini, serta waktu yang telah dilalui bersama

## MOTTO

أَكْتَفَى تَحْتِ أَقْدَامِ الْأُمَّهَاتِ  
(يَنَا رَبُّنَا أَمْ دَلَا هَاوِر)

“Surga itu dibawah telapak kaki ibu”.

(H.R. Ahmad)

عَنْ أَنَسِ بْنِ مَالِكٍ قَالَ: قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: مَنْ  
حَرَاجَ فِي طَلَبِ الْعِلْمِ  
سَبِيلَ حَتَّى يَرْجِعَ فَهُوَ فِي

Dari annas bin malik berkata : telah bersabda rasulullah SAW: barang siapa keluar rumah untuk menuntut ilmu maka ia dalam jihad fisabilah hingga kembali

(HR.bukhari)

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah Subhannahuwata'ala , serta melimpahkan berkat dan karuniaNya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikannya Tugas.

Tugas Akhir merupakan salah satu syarat memperoleh gelar sarjana elektro pada program strata satu (S-1) Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta .

Selama pelaksanaan Tugas Akhir dan penyusunan laporan ini, telah banyak diperoleh bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh Karena itu pada kesempatan kali ini, dengan segala hormat diucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Jazaul Ikhsan, S.T., M.T., Ph. D selaku dekan fakultas teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Ramadhoni syahputra,. MT. selaku ketua prodi teknik elektro dan sekaligus dosen pembimbing 1 yang sabar membimbing, membagi ilmunya dan megafrahkan penulis selama melaksanakan penelitian Tugas Akhir hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini (Skripsi)
3. Ibu Anna Nur Nazilah Chamim S.T.,M. dan sekaligus dosen pembimbing 1 yang sabar membimbing, membagi ilmunya dan megafrahkan penulis selama melaksanakan penelitian Tugas Akhir hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini (Skripsi).
4. Bapak Rama Okta Wiyagi, S.T., M.Veng Sebagai Dosen penguji pada saat pendadaran.
5. Seluruh dosen pengajar dan staf administrasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
6. Kepada kepala teknisi dan teknisi yang bekerja di PLTU Suralaya yang telah memberikan banyak saran-saran dan dukungan, serta nasehat.

7. Kepada teman-teman seperjuangan di fakultas teknik elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa membalas kebaikan dari semua pihak yang telah membantu penulis dalam melaksanakan Tugas Akhir di PLTU Suralaya.

Kiranya tiada gading yang tak retak, begitu juga penulis juga menyadari baik dalam Tugas Akhir tidak terlepas dari kesalahan dan kekurangan. Untuk itu, penulis selaku praktikan membuka diri untuk menerima kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan penulisan di masa mendatang.

Yogyakarta, 19 Mei 2018

Penulis

Rendi Haditya

## INTISARI

Perubahan beban yang signifikan pada sistem kelistrikan dapat menyebabkan suatu sistem berjalan diluar batas stabil, sehingga stabilitas sistem kelistrikan sangat diperlukan, maka dari itu Pada tugas akhir ini diperlukan penelitian untuk mendapatkan *load sharing* yang dioperasikan paralel atau dioperasikan tunggal pada generator yang optimal dan tidak melebihi suatu kapasitas daya listrik pada unit tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *speed droop* dan *ishocronous* yaitu mengetahui batasan normal pada frekuensi beban daya aktif dengan nilai  $50 \text{ Hz} \pm 0,5 \text{ Hz}$ . Untuk mengetahui batasan maksimum terhadap kapasitas daya generator yang beroperasi paralel dengan sistem otomatis, kemudian dilakukan penelitian dan pengambilan data dilakukan pada PLTU Suralaya selama 10 hari. Dengan waktu yang sama pada pembeban daya aktif generator unit 1-4 mendapatkan nilai minimal dan maksimum yaitu untuk nilai minimal pada daya aktif 186,7678 MW dengan frekuensi 50,4756 Hz dan untuk nilai maksimal daya aktif 400 MW dengan frekuensi 49,923. Sehingga diperoleh karakteristik *load sharing* masing masing generator yang optimal sesuai dengan nilai normal frekuensi.

Kata kunci: Frekuensi, *Power Factor*, Daya aktif

## **ABSTRACT**

*Significant load changes on the electricity system, resulted it running outside of the stable limit, so that the stability of the system is necessary, because of the problem, in this Final Project required research to get a parallel-operated or single operated “load sharing” on the optimal generator and not exceeding an electrical power capacity of the unit. The method used in this research is “speed drop” and “isochronous”, these methods are used to determine the normal limit on the frequency of active load power with a value of  $50 \text{ Hz} \pm 0,5 \text{ Hz}$  and to identify the maximum limit on the power capacity of the generator that runs parallel with the automated system. And then conducted data retrieval at Suralaya power plant (PLTU Suralaya) for 10 (ten) days with the same time with active power load generator unit 1 to unit 4, so that research results obtained from the minimum value to the maximum value, obtained a minimum value of 186,7678 MW with a frequency of 50,4756 Hz and a maximum of 400 MW with a frequency of 49,923 Hz. Finally got the Characteristic of “load sharing” of each generator which is optimal according to the normal frequency value.*

*Keywords : Frequency, Power Factor, Active Power*



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat .....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Generator Sinkron .....	5

2.2.1 Konstruksi Generator Sinkron .....	6
2.2.2 Prinsip Kerja Genarator Sinkron .....	12
2.2.3 Reaksi Jangkar .....	13
2.2.4 Generator Tanpa Beban .....	14
2.2.5 Generator Berbeban .....	15
2.2.6 Reaktansi sinkron .....	17
2.2.7 Pengaturan Tegangan .....	18
2.2.8 Generator Tiga Fasa .....	18
2.2.9 Paralel Generator .....	19
2.2.10 Syarat-Syarat Paralel Generator .....	21
2.3 Kurva Kapabilitas .....	21
2.4 Faktor Daya .....	23
2.5 Prinsip Kerja Governor .....	25
2.6 Batasan Nilai Frekuensi .....	26
2.7 Operasi Load Sharing .....	26
2.8 Sistem Eksitasi .....	29
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>36</b>
3.1 Alat dan Bahan Penelitian .....	36
3.2 Waktu Penelitian .....	36
3.3 Metode Penelitian .....	36
3.4 Langkah Penyusunan Karya Tulis .....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>41</b>
4.1 Data Yang Diperoleh .....	41
4.1.1 Umum .....	41
4.1.2 Prinsip Kerja Sistem Eksitasi Dan <i>Load Sharing</i> .....	41

4.1.3 Peralatan Suralaya .....	44
4.1.4 Data Paralel Generator unit 1-4 .....	47
4.2 Analisis Data .....	52
4.2.1 Hubungan Antara Arus Eksitasi Terhadap Arus Jangkar .....	52
4.2.2 Pengaruh Fluktuasi Tegangan .....	56
4.2.3 Pengaruh Power Faktor Terhadap Daya Aktif .....	75
4.2.4 Pembagian Beban ( <i>Load Sharing</i> ) <i>Isochronous</i> .....	80
4.2.4.1 Frekuensi Sinkron <i>Isochronous</i> .....	81
4.2.4.2 Prosentase Pembagian Beban <i>Isochronous</i> .....	82
4.2.5 Pembagian Beban Speed Droop Generator .....	83
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>89</b>
5.1 Kesimpulan .....	89
5.2 Saran .....	90
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>91</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>92</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Rangka Stator .....	7
Gambar 2.2. Inti Stator .....	7
Gambar 2.3. Kumparan Stator .....	8
Gambar 2.4. Rotor Kutub <i>Salient</i> dan Rotor Silinder .....	9
Gambar 2.5. Poros .....	11
Gambar 2.6. Penjajar Poros .....	11
Gambar 2.7. Bantalan Sikat .....	12
Gambar 2.8. Cincin Geser .....	12
Gambar 2.9. Prinsip Generator Sinkron.....	13
Gambar 2.10. Model Reaksi Jangkar . .....	13
Gambar 2.11. Kurva Hubungan Celah Udara.....	14
Gambar 2.12. Rangkaian dan Vektor Beban Induktif . .....	15
Gambar 2.13. Reaktansi Sinkron.....	17
Gambar 2.14. Hubungan Pf Dengan Tegangan Output.....	18
Gambar 2.15. Generator Tiga Fasa Dua Kutub .....	18
Gambar 2.16. Sinkronisasi Manual. ....	20
Gambar 2.17. Kurva Kapabilitas.....	22
Gambar 2.18. Segitiga Daya.....	24
Gambar 2.19. Skema Governor.....	25
Gambar 2.20. Rangkaian Frekuensi . .....	26
Gambar 2.21. Blok Diagram Sistem Pembangkit Listrik ( <i>load Sharing</i> ) .....	26
Gambar 2.22. Sistem <i>Isochronous</i> .....	27
Gambar 2.23. Sistem <i>Speed Droop</i> .....	28
Gambar 2.24. Hubungan Speed Droop dan Pembagian Beban .....	28
Gambar 2.25. Sistem Eksitasi Menggunakan Generator Arus Searah .....	31
Gambar 2.26. Skema Sistem Eksitasi menggunakan Sikat . .....	32
Gambar 2.27. Prinsip Kerja <i>Brushless Excitation</i> . .....	33
Gambar 2.28. Sistem Eksitasi Menggunakan PMG . .....	34

Gambar 3.1. Peta lokasi PLTU Suralaya .....	37
Gambar 4.1. Blok Diagram Sistem Pembangkit Listrik . .....	41
Gambar 4.2. Grafik Hubungan Arus Eksitasi Terhadap Arus Jangkar Unit 1 .....	52
Gambar 4.3. Grafik Hubungan Arus Eksitasi Terhadap Arus Jangkar Unit 2 .....	53
Gambar 4.4. Grafik Hubungan Arus Eksitasi Terhadap Arus Jangkar Unit 3 .....	54
Gambar 4.5. Grafik Hubungan Arus Eksitasi Terhadap Arus Jangkar Unit 4 .....	55
Gambar 4.6. Grafik Hubungan Arus Eksitasi ( $I_f$ ) Terhadap Tegangan Terminal GGL Induksi ( $E_a$ ) unit 1 .....	60
Gambar 4.7. Grafik Hubungan Arus Eksitasi ( $I_f$ ) Terhadap Tegangan Terminal GGL Induksi ( $E_a$ ) unit 2 .....	65
Gambar 4.8. Grafik Hubungan Arus Eksitasi ( $I_f$ ) Terhadap Tegangan Terminal GGL Induksi ( $E_a$ ) unit 3 .....	69
Gambar 4.9. Grafik Hubungan Arus Eksitasi ( $I_f$ ) Terhadap Tegangan Terminal GGL Induksi ( $E_a$ ) unit 4 .....	74
Gambar 4.10. Grafik hubungan Faktor Daya Terhadap Daya Aktif unit 1 .....	75
Gambar 4.11. Grafik hubungan Faktor Daya Terhadap Daya Aktif unit 2 .....	77
Gambar 4.12. Grafik hubungan Faktor Daya Terhadap Daya Aktif unit 3 .....	78
Gambar 4.13. Grafik hubungan Faktor Daya Terhadap Daya Aktif unit 4 .....	79
Gambar 4.14. Grafik Frekuensi Sinkron <i>Isochronous</i> unit 1-4 .....	81
Gambar 4.15. Grafik Frekuensi Sinkron <i>speed droop</i> unit 1 .....	83
Gambar 4.16. Grafik Frekuensi Sinkron <i>speed droop</i> unit 2 .....	85
Gambar 4.17. Grafik Frekuensi Sinkron <i>speed droop</i> unit 3 .....	86
Gambar 4.18. Grafik Frekuensi Sinkron <i>speed droop</i> unit 4 .....	88

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Spesifikasi Dari Turbin pada unit 1 - 4 PLTU Suralaya .....	42
Tabel 4.2. Spesifikasi Dari Generator pada unit 1 - 4 PLTU Suralaya .....	44
Tabel 4.3. Spesifikasi Dari Penyearah pada unit 1 - 4 PLTU Suralaya .....	45
Tabel 4.4. Spesifikasi Dari Penguat Medan pada unit 1 - 4 PLTU Suralaya .....	46
Tabel 4.5. Spesifikasi Dari Eksitasi Pada unit 1 - 4 PLTU Suralaya .....	47
Tabel 4.6. Data Operasi Harian PLTU Suralaya 01 Januari – 10 Januari 2018 Pukul 09.00 WIB unit 1 .....	48
Tabel 4.7. Data Operasi Harian PLTU Suralaya 01 Januari – 10 Januari 2018 Pukul 09.00 WIB unit 2 .....	49
Tabel 4.8. Data Operasi Harian PLTU Suralaya 01 Januari – 10 Januari 2018 Pukul 09.00 WIB unit 3 .....	50
Tabel 4.9. Data Operasi Harian PLTU Suralaya 01 Januari – 10 Januari 2018 Pukul 09.00 WIB unit 4 .....	51
Tabel 4.10. Perhitungan GGL Induksi unit 1 .....	59
Tabel 4.11. Perhitungan GGL Induksi unit 2 .....	64
Tabel 4.12. Perhitungan GGL Induksi unit 3 .....	69
Tabel 4.13. Perhitungan GGL Induksi unit 4 .....	73
Tabel 4.14. Hubungan <i>Power Factor</i> Terhadap Daya Aktif unit 1 .....	75
Tabel 4.15. Hubungan <i>Power Factor</i> Terhadap Daya Aktif unit 2 .....	76
Tabel 4.16. Hubungan <i>Power Factor</i> Terhadap Daya Aktif unit 3 .....	78
Tabel 4.17. Hubungan <i>Power Factor</i> Terhadap Daya Aktif unit 4 .....	79
Tabel 4.18. Load Sharing Ishochronous Induksi unit 1 - 4.....	81
Tabel 4.19. Beban Terhadap Frekuensi unit 1 .....	83
Tabel 4.20. Beban Terhadap Frekuensi unit 2 .....	84
Tabel 4.21. Beban Terhadap Frekuensi unit 3 .....	86
Tabel 4.22. Beban Terhadap Frekuensi unit 4 .....	87