

TUGAS AKHIR

**STUDI EFISIENSI DAYA 7 MW
TURBINE GENERATOR SIEMENS ST-300
DI PTPN XI (Unit) PG. SEMBORO**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Guna Meraih Gelar Sarjana
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jember**



Teguh Priambodo

1510621008

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

LEMBAR PENGESAHAN

DOSEN PENGUJI

**STUDI EFISIENSI DAYA 7 MW
TURBINE GENERATOR SIEMENS ST-300
DI PTPN XI (Unit) PG. SEMBORO**

Oleh :

TEGUH PRIAMBODO

1510621008

Jember, 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh:

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Ir. Herry Setyawan, MT

NIDN. 0018075801

Sofia Arivani, S.Si. M.T.

NIDN. 0709126702

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

STUDI EFISIENSI DAYA 7 MW
TURBINE GENERATOR SIEMENS ST-300
DI PTPN XI (Unit) PG. SEMBORO

Oleh :

TEGUH PRIAMBODO
1510621008

Jember, 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

M Aan Auliq, ST, MT

NIDN. 0715108701

Aji Brahma Nugroho, S.Si., MT.

NIDN. 0730018605

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Prodi Teknik Elektro

Ir. Suhartinah, MT.

NPK. 95 05 246

Aji Brahma Nugroho, S.Si., MT.

NIDN. 0730018605

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmatnya sehingga laporan Proposal Tugas Akhir yang berjudul “*STUDI EFISIENSI DAYA 7 MW TURBINE GENERATOR SIEMENS ST-300 DI PTPN XI (Unit) PG. SEMBORO*” dapat terselesaikan. Penulis sudah berupaya untuk menyelesaikan laporan ini dengan baik, tentunya tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini Penulis mengucapkan terima kasih yang tulus dan ikhlas kepada:

1. Allah SWT atas berkah dan karunia saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Keluarga diantaranya Ayah, Mama yang selalu mendoakan dan membantu banyak materi untuk pengerjaan tugas akhir ini.
3. Ibu Hj. Ir Suhartinah, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember.
4. Bapak Aji Brahma Nugroho Ssi., MT. selaku Kepala Jurusan Teknik sekaligus Dosen Pembimbing II Elektro Universitas Muhammadiyah
5. Bapak M. Aan Auliq, ST, MT. Selaku Dosen Pembimbing I yang banyak membantu saya sampai tugas akhir ini selesai.
6. PG. Semboro Jember yang telah memberikan ijin dan karyawan-karyawan yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.
7. Bapak Nuri selaku Staf Instalasi listrik di PG. Semboro yang telah memberikan banyak bantuan dalam mengerjakan tugas akhir ini.
8. Semua teman – teman Teknik Elektro angkatan 2015 Yasir, Wahyurudi, Alfian Rusdi, dan teman-teman satu angkatan lainnya, yang telah membantu, support dan doa.
9. My Girlfriend Aprillia Tri Wahyuningtyas yang telah senantiasa support, mendengarkan keluh kesah saya dalam mengerjakan tugas akhir ini.
10. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan semua namanya yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan perlindungan dan memberikan balasan yang lebih di kemudian hari. Harapan saya sebagai

penulis semoga dengan terselesaikannya tugas akhir ini, dapat bermanfaat bagi saya sendiri, yang membantu menyelesaikan dan yang membaca khususnya untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Dan setelah lulus kuliah semoga sukses dunia dan akhirat.
Amin

Jember,.....2019

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	ii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
MOTTO	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Laporan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Siklus PLTU	5
2.1.1 Siklus Air dan Uap	5
2.1.2 Siklus Bahan Bakar	8
2.1.2.1 Siklus BBA(Bahan Bakar Ampas) dan Air	9
2.2 Siklus Rankine Pada PLTU PG. Semboro.....	11
2.2.1 Siklus Rankine <i>Superheat</i>	11
2.2.2 Siklus Rankine dengan Pemanasan Ulang	12
2.2.3 Siklus Rankine Regeneratif.....	13
2.2.4.Siklus Rankine dengan Kogenerasi.....	15

2.3	Definisi Turbin Uap PG. Semboro	16
2.4	Klasifikasi Turbin Uap	19
2.4.1	Berdasarkan Proses Transformasi Energi Uap.....	18
2.4.2	Berdasarkan Tekanan Uap Keluar Turbin.....	19
2.4.3	Berdasarkan Tekanan Uap Masuk Turbin.....	19
2.4.4	Berdasarkan Pengaturan Uap Masuk Turbin	20
2.4.5	Berdasarkan dari Segi Aliran Uap.....	20
2.4.6	Berdasarkan dari Segi <i>Exhaust Flow</i>	21
2.4.7	Berdasarkan Casing.....	21
2.5	Program Steam Calculator Mobile.....	23
2.6	Efisiensi.....	23
2.6.1	Efisiensi Boiler	24
2.6.2	Efisiensi Turbin	25
2.6.3	Efisiensi Generator	25
2.7	Faktor <i>Heat Rate</i> Turbin Naik.....	27
BAB III METODE PENELITIAN		29
3.1	Tempat Dan Waktu	29
3.2	Rancangan Penelitian	29
3.3	Tahapan Penelitian	29
3.4	Pengamatan Penelitian	30
3.4.1	Observasi (pengamatan).....	30
3.4.2	Wawancara	30
3.4.3	Pengumpulan Data	30
3.4.4	Pengolahan Data.....	30
3.5	Flowchart Penelitian	31
3.6	Flawchart Perhitungan	32
BAB IV PEMBAHASAN.....		34
4.1	Parameter Terukur.....	34
4.2	Data Perhitungan.....	34
4.3	Analisa dan Pembahasan.....	36
4.3.1	Boiler.....	36

4.3.2 Turbin.....	39
4.3.3 Generator.....	40
4.3.4 Daya Turbin Aktual dengan Daya Turbin Desain	42
4.4 Hasil Analisa	43
4.5 Asumsi dan Pengembangan	45
BAB V PENUTUP	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	48

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	: Spesifikasi Turbin Siemens ST-300 7 MW	17
Tabel 2.2	: Spesifikasi Turbin Generator di PG. Semboro.....	17
Tabel 4.1	: Data Beban Rata-rata/24jam pada Generator.....	34
Tabel 4.2	: Data Tekanan, Laju Aliran Massa Uap dan Temperatur pada Turbin Uap Siemens	35
Table 4.3	: Data Entalpi pada Turbin Uap Siemens	35
Tabel 4.4	: Tabel Produksi Uap tanggal 1-10 November 2018.....	35
Tabel 4.5	: Tabel Efisiensi Boiler tanggal 1-10 November 2018.....	38
Tabel 4.6	: Kebutuhan Uap Total	39
Tabel 4.7	: Tabel Efisiensi Turbin.....	39
Tabel 4.8	: Perhitungan Efisiensi Generator	41
Tabel 4.9	: Daya Turbin Aktual Daya dan Turbin Desain	42
Tabel 4.10	: Efisiensi kondisi Aktual dari Desain.....	42
Tabel 4.11	: Nilai Input Asumsi Dan Pengembangan	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Siklus Air dan Uap	5
Gambar 2.2	: Siklus bahan bakar.....	8
Gambar 2.3	: Siklus Rankine Superheat.....	11
Gambar 2.4	: Kerusakan sudu akibat uap yang mengembun	12
Gambar 2.5	: Siklus Rankine dengan pemanasan ulang	12
Gambar 2.6	: Siklus Rankine Regeneratif dengan <i>Open Feedwater Heater</i>	13
Gambar 2.7	: Siklus Rankine Regeneratif dengan <i>Close Feedwater Heater</i>	14
Gambar 2.8	: Siklus Rankine Kogenerasi	15
Gambar 2.9	: Turbin Generator di PG. Semboro	16
Gambar 2.10	: Perbedaan turbin uap tipe impuls dan reaksi.....	19
Gambar 2.11	: Turbin susunan <i>Cross Compound</i>	22
Gambar 2.12	: Turbin susunan <i>Tandem Compound</i>	22
Gambar 2.13	: Aplikasi <i>Steam Calculator</i>	23
Gambar 2.14	: Gambar Siklus PLTU di PG. Semboro	24
Gambar 2.15	: Kerusakan pada poros turbin akibat pelumasan yang gagal	28
Gambar 3.1	: Gambar Flowchart Perhitungan.....	32
Gambar 4.1	: Gambar data pada CCR(<i>Central Control Room</i>)	36
Gambar 4.2	: Grafik Produksi Uap.....	37
Gambar 4.3	: Grafik Efisiensi Boiler.....	39
Gambar 4.4	: Grafik Efisiensi Turbin.....	40
Gambar 4.5	: Grafik Efisiensi Generator.....	41
Gambar 4.6	: Grafik Perbandingan Efisiensi Generator ST-300 7MW ..	43

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1 : Perhitungan Efisiensi Turbin
LAMPIRAN 2 : Perhitungan Efisiensi Generator
LAMPIRAN 3 : Perhitungan Efisiensi Boiler
LAMPIRAN 4 : Tabel Konsumsi Pemasakan Nira
LAMPIRAN 4 : BIODATA PENULIS



DAFTAR PUSTAKA

- Ardian km., *Perhitungan Daya Output High Pressure Turbine & Intermediate Pressure Turbine dengan Metode Penurunan Enthalpy*. Makalah Kerja Praktek
- Bambang Sugiantoro. *Metode Analisis Energy Perhitungan Metode Direct And Indirect (Heat Rate/Tara Kalor) Bahan Bakar Batu Bara Dan Pengaruhnya Pada Performance Sistem Uap*. Jurnal Intuisi Teknologi dan Seni. ISSN 1978-2497.
- Caturwati, NK., dkk., *Pengaruh Temperatur Lingkungan Terhadap Efisiensi Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)*, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa : Makalah Prosiding Seminar Nasional AVoER 3, 2011, ISBN : 979-587-395-4.
- Cengel, Yunus A., dkk. 2002. *Thermodynamic Fourth Edition*. McGraw-Hill.
- Chapman, Stephen J, "*Electric Machinery Fundamentals*", 4rd Edition, Mc Graw – Hill Book Company, Australia, 2004.
- CIBO.1997. *Energy Efficiency Handbook*. Council of Industrial Boiler Owners. Burke
- Djiteng Marsudi Ir, 2005, "Pembangkitan Energi listrik", Erlangga, Jakarta.
- Dwi Cahyadi. *ANALISA PERHITUNGAN EFISIENSI TURBINE GENERATOR QFSN-300-2-20B UNIT 10 dan 20 PT. PJB UBJOM PLTU REMBANG*, UNDIP : UNDIP : Makalah Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik.
- Jamaludin. Iwan Kurniawan, *ANALISIS PERHITUNGAN DAYA TURBIN YANG DIHASILKAN DAN EFISIENSI TURBIN UAP PADA UNIT 1 DAN UNIT 2 DI PT. INDONESIA POWER UBOH UJP BANTEN 3 LONTAR*, Universitas Muhammadiyah Tangerang: Universitas Muhammadiyah Tangerang: Makalah Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik.
- Kulshrestha, S. K. 1989. *Termodinamika Terpakai, Teknik Uap dan Panas*. UI-Press. Jakarta.
- Manual *Book* PT. Indonesia Power Uboh UJP Banten 3 Lontar.
- Michael J. Moran, Howard N. Shapiro. 2004. *Termodinamika Teknik Jilid II*. Jakarta : Erlangga
- NW Power, dan Dongfang Electric, *Turbine Operation Manual*, PLTU 1 Jawa Tengah Rembang.
- NW Power, dan Dongfang Electric, *Electric Operation Manual Generator and Electrical Equipment*, PLTU 1 Jawa Tengah Rembang.

- NW Power, dan Dongfang Electric, *Thermodynamic Performance for Model N300-16.7-538-538-8 Turbine*, PLTU 1 Jawa Tengah Rembang.
- Perusahaan Umum Listrik Negara. 1987. Standar Operasi Pusat Listrik Tenaga Uap Bagian Dua : Faktor-Faktor Pengusahaan, SPLN 62 – 2: 1987.
- P. Shlyakin. 1990. Turbin Uap Teori Dan Rancangan. Jakarta : Erlangga
- Paul Breeze, Power Generation Tehnology. Jorda Hil, 2005
- Ristyanto, A N., *Simulasi Perhitungan Efisiensi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Rembang*, UNDIP : Makalah Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik.
- Ristyanto NA, Windarto J, Handoko S. Simulator Efisiensi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Rembang. TRANSIENT. 2013; 2(2).
- Smith, J.M., dkk. 1996. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. McGraw-Hill Chemical Engineering Series. The McGraw Hill Companies, Inc. Singapore.
- Teguh Nugroho.2012. Evaluasi Kinerja Turbin Generator 051 G 101 Di Utilities II Pertamina RU IV Cilacap
- Tim Ahli PLTU Biomassa PT Suka Jaya Makmur, Ketapang Kalimantan Barat, PLTU Biomassa yang menggunakan bahan bakar limbah kayu, 2015.
- Tjahjo P, Tetro.2008. Rotating Equipment (Steam Turbin), PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap, Cilacap
- Udiklat Suralaya, *Modul 2 Pengoperasian (Thermodinamika)*, PT. PLN (Persero), 2008.
- Udiklat Suralaya, *Modul 3 Pengoperasian (Thermodinamika)*, PT. PLN (Persero), 2008.
- Ujianto, Tri. *Perhitungan Efisiensi Pada Turbin Generator 51g1 Kondisi Ekstraksi Di Utilities Section Area 50 PT Pertamina RU IV Cilacap*, UNDIP : Makalah Kerja Praktek.
- United Nations Environment Programme (UNEP)*. 2006. *Boilers and Thermic Fluid Heaters*. Badan Produktivitas Nasional. India
- Yunus A. Cengel And Michael A. Boles, Mc Graw-Hill *Higher Education*. 2007.*Thermodynamics : An Engineering Approach*.
- Zain Etab, 2005, Konversi energi listrik terbarukan.
- Zaenal Arifin.2009. Evaluasi Kinerja Turbin Generator 51 G.