

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Danang Dwi Nugroho

NIM : 21050110083008

Tanda Tangan : .....

Tanggal : 15 Juli 2013



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS DIPONEGORO

## TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 08 /IV / PA / DIII TM / 2013

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk Mahasiswa berikut :

Nama : DANANG DWI NUGROHO  
NIM : 21050110083008  
Judul Proyek Akhir : EVALUASI STEAM CYCLE HEAT RATE DAN EFISIENSI TERMAL TURBIN UAP UNIT 2 TIPE N300-16.7/538/538-8 DI PLTU 1 JAWA TENGAH REMBANG

Isi Tugas :

1. Menghitung *Steam Cycle Heat Rate* turbin uap tipe N300-16,7 / 538 / 538 – 8 dan menghitung efisiensi termal
2. Menganalisis hasil penghitungan heat rate dan efisiensi termal

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 3 bulan terhitung sejak diberikantugas ini, dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 6 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, April 2013

DIII Kerjasama FT UNDIP – PT. PLN

**Ir. Bambang Winardi**

NIP. 19610616 199303 1 002

Tembusan :

- Koordinator Proyek Akhir
- Dosen Pembimbing

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Danang Dwi Nugroho  
NIM : 21050110083008  
Program Studi : D III Teknik Mesin Kerjasama PT. PLN (Persero)  
Judul Tugas Akhir : EVALUASI STEAM CYCLE HEAT RATE DAN  
EFISIENSI TERMAL TURBIN UAP UNIT 2  
TIPE N300-16.7/538/538-8 DI PLTU 1 JAWA  
TENGAH REMBANG

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.**

### TIM PENGUJI

Pembimbing : Sri Utami Handayani ST, MT ( ..... )  
Penguji : Sri Utami Handayani ST, MT ( ..... )  
Penguji : Ir. Rahmat ( ..... )  
Penguji : Ir. H. Murni, MT ( ..... )

Semarang, Juli 2013  
Ketua DIII Kerjasama FT UNDIP –  
PT. PLN

**Ir. Bambang Winardi**  
NIP. 19610616 199303 1 002

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN  
AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Danang Dwi Nugroho  
NIM : 21050110083008  
Jurusan/Program Studi : D III Teknik Mesin Kerjasama PT. PLN (Persero)  
Departemen :  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**EVALUASI STEAM CYCLE HEAT RATE DAN EFISIENSI TERMAL  
TURBIN UAP UNIT 2 TIPE N300-16.7/538/538-8  
DI PLTU 1 JAWA TENGAH REMBANG**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang  
Pada Tanggal : 15 Juli 2013

Yang menyatakan

( Danang Dwi Nugroho )

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillahirobbil 'alamin*, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, karunia, petunjuk, pertolongan dan keridho'an-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul: **EVALUASI STEAM CYCLE HEAT RATE DAN EFISIENSI TERMAL TURBIN UAP UNIT 2 TIPE N300-16.7/538/538-8 DI PLTU 1 JAWA TENGAH REMBANG.**

Tugas akhir ini disusun untuk melengkapi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Diploma III Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang kerjasama dengan PT. PLN (Persero).

Berkenaan dengan selesainya Tugas Akhir ini, maka penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu yang telah dengan tulus ikhlas memberikan perhatian dan kasih sayang yang tidak terkira kepada penulis, serta atas segala do'a, harapan serta restunya. Kalau ada cinta yang tercurah dan tak ingin berbalas itulah cintamu "Ummi-kutersayang". Bapak, didikan dan pengorbanan muluar biasa, "Aku ingin membuatmu dan keluarga bangga memiliki". Mas Gerry atas segala dorongan, bantuansertado'a yang tulus kepada penulis.
2. Ibu Sri Utami Handayani ST, MT, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, bimbingan, arahan serta tenaganya demi kesuksesan penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. PT. PLN (Persero) SPP Rembang, atas segala bantuan dan fasilitasnya.

4. PT. PJBS UBJOM PLTU Rembang atas segala bantuan dan bimbingannya.
5. Bapak Ir. H. ZainalAbidin, MS selaku ketua Program Diploma III Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
6. Bapak Ir. Bambang Winar selaku Ketua Program DIII Kerjasama PT. PLN bidang Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
7. Bapak Ir. Sutomo, Msi, selaku Ketua Jurusan DIII Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
8. Bapak Bambang Setyoko ST, M.Eng, selaku dosen wali selama penulis menimba ilmu di Universitas Diponegoro.
9. Bapak dan Ibu dosen serta segenap karyawan DIII Teknik Mesin Universitas Diponegoro yang dengan segala kemampuannya memberikan yang terbaik bagi Universitas Diponegoro.
10. Segenap dosen penguji Sidang Tugas Akhir kami.
11. Semua pihak yang tidak bias disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan, bimbingan, informasi dan dukungan moral kepada penulis selama menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini sangat jauh dari sempurna. Tapi penulis tetap berharap semoga Tugas Akhir ini bias bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Semoga Allah SWT selalu memberikan rahmat dan karunia-Nya serta bimbingan-Nya kepada kita semua. Amien.

Semarang, Juli 2013

Penulis

# **EVALUASI STEAM CYCLE HEAT RATE DAN EFISIENSI TERMAL TURBIN UAP UNIT 2 TIPE N300-16.7/538/538-8 DI PLTU 1 JAWA TENGAH REMBANG**

## **Abstrak**

*Kebutuhan akan tenaga listrik meningkat seiring meningkatnya teknologi dan industri. Pembangkit listrik berperan penting untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut. Salah satu jenis pembangkit adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).*

*Komponen utama dalam PLTU adalah ketel uap, turbin uap, kondenser dan generator sinkron. Seiring masa pakai ada kemungkinan terjadi penurunan performaperalatan tersebut sehingga mempengaruhi sistem PLTU. Pada PLTU turbin uap merupakan salah satu dari peralatan utama yang berfungsi mengubah energi panas dari uap menjadi energi gerak yang kemudian diubah oleh generator menjadi energi listrik. Oleh karena itu, untuk mengetahui performa sistem PLTU pada tugas akhir ini menggunakan metode heat rate turbin gross dan efisiensi termal untuk evaluasi. Heat rate adalah konsumsi panas yang diperlukan untuk membangkitkan energi listrik per satu kWh. Hasil penghitungan datapada 6 bulan awal operasi dengan beban 300 MW menunjukkan, trend heat rate turbin cenderung naik. Hal ini merupakan indikasi performa sistem PLTU mulai terjadi penurunan seiring dengan masa pakai selain itu juga karena adanya losses. Contoh losses yang ditemui adalah adanya saluran pipa yang bocor, isolasi pipa uap yang rusak, dan penggunaan mode partial-arc pada control valve. Namun penurunan kinerja sistem tidak terlalu signifikan ditunjukkan dengan efisiensi termal yang berfluktuasi antara 50%-53%. Dari hasil penghitungan data bulan Maret 2013 dengan beban 300 MW trend heat rate turbin cenderung menurun hal ini berarti kondisi mulai membaik disebabkan karena unit sedang dilakukan First Year Inspection (FYI) jadi sebagian peralatan yang rusak telah diperbaiki. Meskipun demikian efisiensi termal tetap berfluktuasi antara 50%-53%.*

*Dari hasil data heat rate turbin serta efisiensi termal saat beroperasi 6 bulan pertama dan pada bulan Maret 2013, dapat disimpulkan secara umum sistem masih dalam kondisi baik setelah beroperasi  $\pm 16$  bulan berdasarkan efisiensi termal. Untuk menjaga kinerja sistem pembangkit tetap dalam kondisi baik, perlu dilakukan inspeksi dan perbaikan secara berkala pada unit pembangkit.*

*Kata kunci : Performa PLTU ,Heat Rate, Efisiensi Termal*

**EVALUATION STEAM CYCLE HEAT RATE AND THERMAL  
EFFICIENCY OF STEAM TURBINE UNIT 2 TYPE N300-  
16.7/538/538-8 IN PLTU1 JAWA TENGAH REMBANG**

*Abstract*

*Demand for electricity increases along with the increasing technology and industry. The power plant has an important role to fulfill the electricity needs. One type of powerplant is steam power plant.*

*The main components of steam power plant are boiler, steam turbine, condenser, and synchronous generator. Along life, there is possible decreases performance in equipments that affects the power plant system. At the power plant, steam turbine is one of the main equipment that function convert the heat energy of steam into mechanical energy is then converted into electrical energy by a generator. Therefore, to determine performance of power plant system in this final project using gross turbine heat rate and thermal efficiency for evaluation. Heat rate is the heat consumption required to generate one kWh of electrical energy. Results of data calculations at 6 months from the unit operates with 300 MW load shows, trend turbine heat rate tends to rise. This is an indication the performance of power plant system begin decrease in line with usage period, other than that due to losses. Examples of losses encountered is the presence of a pipeline leak, a broken steam pipe insulation, and the use of partial-arc mode on the control valve. But system performance reduction is not significant, indicated by the fluctuating thermal efficiency between 50% -53%. From the results of data calculations March 2013 with 300 MW load shows trend turbine heat rate tends to decrease, this means that the condition getting better due to the unit being done First Year Inspection (FYI) so most of the equipment damage has been fixed. However thermal efficiency still fluctuating between 50% -53%.*

*From the data result turbine heat rate and thermal efficiency when operating the first 6 months and by March 2013, it can be concluded, generally the system is still in good condition after  $\pm$  16 months operation based on thermal efficiency. To maintain the performance of the powerplant system remains in good condition, inspections and repairs need to be done periodically on powerplant*

*Keywords: Performance Power Plant, Heat Rate, Thermal Efficiency*



## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Orisinalitas.....	ii
Lembar Tugas Proyek Akhir.....	iii
Lembar Pengesahan .....	iv
Lembar Persetujuan Publikasi.....	v
Kata Pengantar .....	vi
Abstraksi .....	viii
Abstract .....	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Gambar.....	xii
Daftar Tabel .....	xiv
Daftar Lampiran .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Siklus PLTU .....	5
2.2 Siklus Rankine.....	9
2.3 Keseimbangan Massa dan Energi .....	15
2.4 Definisi Turbin Uap.....	16
2.5 Klasifikasi Turbin Uap .....	17
2.6 Efisiensi .....	23
2.7 Heat Rate .....	24

<b>BAB III PROSEDUR PELAKSANAAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>28</b>
3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir.....	28
3.2 Spesifikasi Alat.....	29
3.3 Pengambilan Data.....	30
3.4 Prosedur Penghitungan Heat Rate .....	31
<b>BAB IV EVALUASI dan PEMBAHASAN .....</b>	<b>44</b>
<b>BAB V KESIMPULAN dan SARAN .....</b>	<b>49</b>
5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA .....	51
LAMPIRAN .....	52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagan Siklus PLTU.....	6
Gambar 2.2 Siklus Rankine Superheat .....	10
Gambar 2.3 Kerusakan sudu akibat uap yang mengembun .....	11
Gambar 2.4 Siklus Rankine dengan pemanasan ulang .....	11
Gambar 2.5 Siklus Rankine Regeneratif dengan <i>Open Feedwater Heater</i> .....	13
Gambar 2.6 Siklus Rankine Regeneratif dengan <i>Close Feedwater Heater</i> .....	14
Gambar 2.7 Siklus Rankine Kogenerasi .....	15
Gambar 2.8 Keseimbangan energi pada siklus .....	16
Gambar 2.9 Perbedaan turbin uap tipe impuls dan reaksi.....	18
Gambar 2.10 Turbin susunan <i>Cross Compound</i> .....	22
Gambar 2.11 Turbin susunan <i>Tandem Compound</i> .....	22
Gambar 2.12 Perbandingan Ekspansi Isentropis dan aktual .....	24
Gambar 2.13 Kerusakan pada poros turbin akibat pelumasan yang gagal .....	27
Gambar 3.1 Diagram alir tugas akhir.....	28
Gambar 3.2 Name Plate Turbine.....	29
Gambar 3.3 Skema sederhana aliran sistem termodinamika unit pembangkit .....	32
Gambar 3.4 Layar komputer CCR .....	33
Gambar 3.5 Software tabel uap .....	34
Gambar 3.6 Skema aliran HPH1 .....	36
Gambar 3.7 Skema aliran HPH2 .....	38

Gambar 3.8 Skema titik penghitungan <i>cold reheat</i> .....	39
Gambar 3.9 Skema Titik penghitungan <i>hot reheat</i> .....	40
Gambar 4.1 Grafik heat rate turbin gross awal operasi.....	44
Gambar 4.2 Grafik efisiensi termal awal operasi.....	44
Gambar 4.3 Grafik heat rate turbin gross bulan Maret 2013 .....	45
Gambar 4.4 Grafik efisiensi termal bulan Maret 2013 .....	45
Gambar 4.5 Kebocoran saluran uap .....	46
Gambar 4.6 Kerusakan isolasi jalur uap pada MSV .....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Variabel Penghitungan Heat Rate .....	30
Tabel 3.2 Hasil Pengambilan Data .....	35
Tabel 3.3 Hasil Penghitungan Heat Rate dan Efisiensi Termal .....	42