



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**AUDIT ENERGI TURBIN UAP UNIT 10 PT PJB UBJ O&M  
PLTU REMBANG JAWA TENGAH DENGAN METODE  
HEAT RATE**

**TUGAS AKHIR**

**YUNIAR ANIS BUDIHARJA**

**21050112083007**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN**

**SEMARANG**

**JULI 2015**



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**AUDIT ENERGI TURBIN UAP UNIT 10 PT PJB UBJ O&M  
PLTU REMBANG JAWA TENGAH DENGAN METODE  
HEAT RATE**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya**

**YUNIAR ANIS BUDI HARJA**

**21050112083007**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN**

**SEMARANG**

**JULI 2015**

## **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 : YUNIAR ANIS BUDIHARJA

NIM : 21050112083008

Tanda Tangan : .....

Tanggal : 6 JULI 2015

## **HALAMAN TUGAS PROYEK AKHIR**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : YUNIAR ANIS BUDIHARJA

NIM : 21050112083007

Program Studi : PSD III Teknik Mesin Kerjasama FT UNDIP – PT PLN

Judul Tugas Akhir : AUDIT ENERGI TURBIN UAP UNIT 10 PT PJB UBJ  
O&M PLTU REMBANG JAWA TENGAH DENGAN  
METODE HEAT RATE

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 : Drs.Wiji Mangestiyono,MT ( .....)

Pembimbing : Drs.Wiji Mangestiyono,MT ( .....)

Penguji : Sri Utami Handayani ST,MT ( .....)

Penguji : Ir. H.Murni,MT ( .....)

Semarang, Agustus 2015

Ketua Program DII Kerjasama

FT Undip - PT PLN

**Ir. Bambang Winardi, M.Kom**

NIP 196106161993031002

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

---

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

Nama : YUNIAR ANIS BUDIHARJA  
NIM : 21050112083007  
Jurusan/Program Studi : PSD III Teknik Mesin  
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 :

**AUDIT ENERGI TURBIN UAP UNIT 10 PT PJB UBJ O&M PLTU  
REMBANG JAWA TENGAH DENGAN METODE HEAT RATE**

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 : Agustus 2015

Yang menyatakan

( Yuniar Anis Budiharja )

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, penulis ungkapkan puji syukur kepada Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat dan kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir. Laporan Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program DIII Kerjasama FT Undip – PT. PLN bidang Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

Dalam proses penyusunan laporan ini, penulis mendapat banyak saran, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan banyak sekali terima kasih khususnya kepada :

1. Ir. H. Zainal Abidin, M.S. selaku ketua Program Diploma III Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang
2. Ir. Bambang Winardi, M.Kom. selaku Ketua Program Kerjasama DIII FT UNDIP – PT PLN (Persero)
3. Bambang Setyoko, ST, M.Eng. selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
4. Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes selaku Koordinator Bidang Teknik mesin Program DIII Kerjasama FT Undip – PT. PLN (Persero)
5. Drs. Sutrisno, M.T. selaku dosen wali kelas PLN angkatan 2012 PSD III Teknik Mesin FT UNDIP
6. Drs. Wiji Mangestiono, MT selaku dosen pembimbing Tugas Akhir
7. Bapak Kunto Gunawan selaku supervisor senior rental operasi PT PJB UBJ O&M PLTU Rembang
8. Karyawan PT PJB UBJ O&M PLTU Rembang yang senantiasa membantu dalam kelancaran menyelesaikan Tugas Akhir ini.

9. Kedua orang tua dan adik perempuan saya, yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan yang tak terhingga, baik dari segi moral maupun material.
10. Teman – teman khususnya mahasiswa DIII Teknik Mesin UGM yang selalu memberikan semangat dan dukungannya.
11. Teman-teman angkatan 2012 Program Studi Diploma III Teknik Mesin Universitas Diponegoro yang telah membantu menyelesaikan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis sangat menghargai kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan dari laporan ini. Akhirnya penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca.

Semarang, Agustus 2015

Yuniar Anis Budiharja



## **AUDIT ENERGI TURBIN UAP UNIT 10 PT PJB UBJ O&M PLTU REMBANG JAWA TENGAH DENGAN METODE HEAT RATE**

### **Abstrak**

Dalam prosesnya pada PLTU terdapat berbagai macam peralatan utama seperti boiler, turbin, condenserr, dan generator. Peralatan tersebut jika digunakan terus menerus akan berkurang keandalan serta umur pakainya, hal ini akan berkaitan langsung dengan efisiensi dari pembangkit tersebut. Pada PLTU turbin uap merupakan salah satu 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 penurunan performa turbin dilakukan perhitungan heat rate dan efisiensi termal. Heat rate adalah konsumsi panas yang diperlukan untuk membangkitkan energi listrik per satu kWh. Hasil perhitungan heat rate dan efisiensi ketika unit beroperasi selama 4 bulan dengan beban  $\pm 300$  MW pada 12 Desember 2014 hingga 3 Maret 2015, menunjukkan trend heat rate yang cenderung naik, dari trend line heat rate tersebut didapatkan persamaan  $y = 0,0657x + 7437,1$ , sedangkan untuk efisiensi termal menunjukkan terjadi penurunan kinerja dari turbin di PT PJB UBJ O&M PLTU Rembang, dan dari trend penurunan efisiensi termal juga didapatkan persamaan  $y = -0,0005x + 46,32$ , kedua persamaan tersebut merupakan fungsi kenaikan heat rate dan penurunan efisiensi termal terhadap running hours, sehingga kita dapat memprediksi kenaikan heat rate pada masa yang akan datang. Dengan adanya kedua persamaan tersebut dapat dijadikan sebagai parameter acuan dalam penentuan waktu overhaul. Hasil evaluasi heat rate turbin dan efisiensi termal setelah  $\pm 43$  bulan beroperasi tidak menunjukkan perbedaan yang besar, sehingga masih bisa dikatakan unit dalam kondisi baik.

Kata kunci : Turbin, Efisiensi termal, Heat rate

## **AUDIT ENERGI TURBIN UAP UNIT 10 PT PJB UBJ O&M PLTU REMBANG JAWA TENGAH DENGAN METODE HEAT RATE**

### *Abstract*

*During the process on steam power plant, there are many main components used such as boiler, turbine, generator and condenser. However, if those things are used continuously, it will decrease the reliability as well as the age of life. This will directly relate to the efficiency of the plant. On the steam power plant, steam turbine is one of the main parts that function convert thermal energy of the steam into mechanical energy which is later convert by the generator into electrical energy. Therefore, in find out the decrease of turbine performance, it is needed to calculate the heat rate and thermal efficiency. Heat rate is the heat consumption required to generate the electrical energy per kWh. The result of the calculation of the heat rate and thermal efficiency when the unit is operating four months with load  $\pm 300$  MW on December 2014 until march, indicates that the trend of the heat rate tends to rise, and from the trend of heat rate we can get the equation  $y = 0,0657x + 7437,1$ , whereas for thermal efficiency shows the decrease of the performance which occurs from turbine PT PJB UBJ O&M PLTU Rembang. And from the reduction trend of thermal efficiency also obtained the equation  $y = - 0,0005x + 46,32$ , both of the equation are function of the increase of heat rate and also the decrease of thermal efficiency toward running hours, so we can predict the rise of heat rate in the foreseeable future. With the existence of both of these equation, it can be used as a reference parameter in determine the time of overhaul. The result of evaluation of turbine heat rate and thermal efficiency after  $\pm 43$  months in operation does not indicate great difference, so we can say that the unit is still in a good condition.*

*Key words : Turbine, thermal efficiency, heat rate*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
HALAMAN TUGAS PROYEK AKHIR .....	iv
HALAMAN PENGESAHAN .....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
ABSTRAKSI .....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Pembatasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Siklus PLTU	5
2.1.1 Sistem Uap	7
2.1.2 Sistem Air Kondensat	8
2.1.3 Sistem Air Pengisi	9

2.2	Siklus Rankine	10
2.2.1	Siklus Rankine <i>Superheat</i>	11
2.2.2	Siklus Rankine dengan Pemanas Ulang	12
2.2.3	Siklus Rankine dengan Konegerasi	14
2.3	Kesetimbangan Massa dan Energi	15
2.4	Definisi Turbin Uap	16
2.5	Klasifikasi Turbin Uap	16
2.5.1	Ditinjau dari segi azas tekanan uap	16
2.5.1.1	Turbin Impuls	16
2.5.1.2	Turbin Reaksi	17
2.5.2	Berdasarkan dari segi aliran uap	19
2.5.3	Jenis turbin berdasarkan <i>casing</i>	20
2.5.4	Berdasarkan tekanan uap masuk turbin	22
2.6	Efisiensi	22
2.7	Heat Rate	23
BAB III PROSEDUR PELAKSANAAN TUGAS AKHIR .....		27
3.1	Tahap Persiapan	27
3.1.1	Identifikasi Masalah	27
3.1.2	Perumusan Masalah	29
3.2	Pengambilan Data	30
3.2.1	Jenis Data	30
3.3	Metode pengambilan data	31
3.3.1	Data primer	31
3.3.2	Data sekunder	32

3.4	Prosedur Penghitungan Heat Rate dan Efisiensi Termal Turbin Uap	32
3.4.1	Mempelajari skema aliran sistem termodinamika unit pembangkit	
3.4.2	Pengambilan data melalui database computer ( <i>Central Control Room</i> )	33
3.4.3	Mencari <i>Entalphy</i> dari setiap variabel yang diperlukan	34
3.4.4	Melengkapi data laju aliran kebocoran uap	35
3.4.5	Melakukan perhitungan data	35
3.4.6	Hasil pengambilan data	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		46
4.1	Menghitung <i>Heat Rate Turbine</i> (THR)	46
4.2	Menghitung Efisiensi Termal turbin	47
4.3	Hasil Penghitungan <i>heat rate</i> dan efisiensi termal	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		54
5.1	Kesimpulan	54
5.2	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram alur siklus PLTU .....	6
Gambar 2.2	Skema alur sistem uap dan air .....	8
Gambar 2.3	Siklus Rankine Superheat .....	11
Gambar 2.4	Siklus Rankine dengan pemanas ulang .....	13
Gambar 2.5	Siklus Rankine Kogenerasi .....	14
Gambar 2.6	Penggambaran sudu, dan grafik tekanan dan kecepatan pada turbin ....	18
Gambar 2.7	Turbin dengan single casing .....	20
Gambar 2.8	Turbin dengan double casing .....	21
Gambar 3.1	Diagram alir pelaksanaan tugas akhir .....	29
Gambar 3.2	Skema sederhana aliran sistem termodinamika unit pembangkit .....	32
Gambar 3.3	Display software chemicalogic steam tab companion .....	34
Gambar 3.4	Skema aliran HPH 1 .....	35
Gambar 3.5	Skema alir HPH 2.....	37
Gambar 3.6	Skema penghitungan cold reheat.....	39
Gambar 3.7	Skema penghitungan hot reheat .....	41
Gambar 4.1	Grafik heat rate turbin dan running hours .....	49
Gambar 4.2	Grafik efisiensi termal dan running hours.....	49
Gambar 4.3	Kerusakan isolasi jalur main steam pada MSV.....	52
Gambar 4.4	Kebocoran saluran pipa pada peralatan.....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi turbin uap unit 10 PT PJB UBJ O&M PLTU Rembang .....	28
Tabel 3.2 Hasil perhitungan pada pengambilan data tanggal 12 Desember 2014 ....	43
Tabel 3.3 Data perhitungan ekstraksi uap menuju HPH 1 (G1).....	43
Tabel 3.4 Data perhitungan ekstraksi uap menuju HPH 2 (G2).....	44
Tabel 3.3 Data perhitungan laju alir <i>hot reheat</i> ( $G_{hrsh}$ ) dan <i>Cold reheat</i> ( $G_{crsc}$ ).....	45
Tabel 4.1 Hasil penghitungan heat rate dan efisiensi termal turbin uap .....	48

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Feed water system .....	55
Lampiran 2	Alur ekstraksi uap dan drain HP Heater.....	56
Lampiran 3	Main steam dan reheat system .....	57
Lampiran 4	Grafik efisiensi termal awal operasi .....	58
Lampiran 5	12 data perhitungan dari 12 Desember 2014 – 25 Maret 2015 ....	59