



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**EVALUASI UNJUK KERJA TURBIN UAP UNIT 1 PLTU 1 JAWA
TIMUR PACITAN DENGAN METODE *HEAT RATE* DAN
EFISIENSI TERMAL**

RACHMAD PUTRA BAHARI

21050111083002

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN

SEMARANG

JULI 2014



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**EVALUASI UNJUK KERJA TURBIN UAP UNIT 1 PLTU 1 JAWA
TIMUR PACITAN DENGAN METODE *HEAT RATE* DAN
EFISIENSI TERMAL**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya

RACHMAD PUTRA BAHARI

21050111083002

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN

SEMARANG

JULI 2014

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 : RACHMAD PUTRA BAHARI

NIM : 21050110083002

Tanda Tangan :

Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Rachmad Putra Bahari
NIM : 21050111083002
Program Studi : D III Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : EVALUASI UNJUK KERJA TURBIN UAPUNIT
1 PLTU 1 JAWA TIMUR PACITAN DENGAN
METODE *HEAT RATE* DAN EFISIENSI TERMAL

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 I : Ir. Senen, MT (.....)
Pembimbing II: Alaya Fadllu H. M., ST, M. Eng (.....)
Penguji I : Ir. Senen, MT (.....)
Penguji II : Alaya Fadllu H. M., ST, M. Eng (.....)
Penguji III : Ir. Rahmat (.....)

Semarang,
DIII Kerjasama FT UNDIP – PT. PLN

Ir. Bambang Winardi, M.Kom
NIP. 19610616 199303 1002

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

1. Hidup tidak akan pernah terasa berarti jika kita tidak punya hal yang dapat dibanggakan
2. Kepuasan terletak pada, usaha, bukan pada hasil akhir.
3. Pekerjaan hebat tidak dilakukan dengan kekuatan, tetapi dengan ketekunan dan kegigihan

Persembahan

1. Bapak, Ibu tersayang, yang senantiasa memberikan do'a dan bantuan yang tak terhingga, baik dari segi moral maupun material. Kalau ada cinta yang tucurah dan tak ingin berbalas itulah cintamu "ibukuku tersayang". Bapak, didikan dan pengorbananmu luar biasa, "Aku ingin membuatmu dan keluarga bangga memiliki"
2. Adik tersayang yang senantiasa memberikan do'a dan semangat.
3. Ardiana Nur Aini yang selalu memberi do'a, semangat dan dukungan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Teman-teman seperjuangan PSD III Teknik Mesin Universitas Diponegoro angkatan 2011 yang telah banyak membantu penulis selama menempuh kuliah.
5. Teman-teman kontrakan yang senantiasa memberikan bantuan dan dukungan moral kepada penulis.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah *robbil '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 UNJUK KERJA TURBIN UAP UNIT 1 PLTU 1 JAWA TIMUR
PACITAN DENGAN METODE *HEAT RATE* DAN EFISIENSI TERMAL

Tugas akhir ini disusun untuk melengkapi syarat 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. Bapak Ir. H. Zainal Abidin, MS, selaku Ketua Program Diploma III Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
2. Bapak Ir. Bambang Winardi Selaku Ketua Program Kerjasama DIII FT UNDIP-PT. PLN.
3. Bapak Bambang Setyoko, ST, M.Eng selaku Ketua Jurusan PSD III Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
4. Bapak Drs. Ireng Sigit A, M. Kes selaku dosen wali selama penulis menimba ilmu di Universitas Diponegoro.
5. Bapak Ir. Senen, MT dan bapak Alaya Fadlu H.M., ST, M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, bimbingan, arahan serta tenaganya demi kesuksesan penyelesaian Tugas Akhir ini.

6. Bapak dan Ibu dosen serta segenap karyawan DIII Teknik Mesin Universitas Diponegoro yang dengan segala kemampuannya memberikan yang terbaik bagi Universitas Diponegoro.
7. Segenap dosen penguji Sidang Tugas Akhir kami.
8. Rekan-rekan DIII Teknik Mesin.
9. PT. PLN (Persero) SPP Pacitan, atas segala bantuan dan fasilitasnya.
10. PT. PJBS UBJOM PLTU 1 Jawa Timur Pacitan atas segala bantuan dan bimbingannya
11. Dan semua pihak yang telah memberi saran-saran serta kritik yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

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

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

Semarang, Juli 2014

Penulis

EVALUASI UNJUK KERJA TURBIN UAP UNIT 1 PLTU 1 JAWA TIMUR PACITAN DENGAN METODE *HEAT RATE* DAN EFISIENSI TERMAL

Abstrak

Seiring dengan kebutuhan listrik pada masa sekarang ini, Indonesia melaksanakan program percepatan pembangunan pembangkit listrik sebesar 10.000 MW dengan mendirikan beberapa pembangkit listrik, terutama Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbahan bakar batubara. Dalam prosesnya pada PLTU terdapat berbagai macam peralatan utama seperti boiler, turbin, condenser, 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 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 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 termal ketika commissioning dan ketika unit beroperasi dengan beban 300 MW pada bulan Januari 2014 hingga Mei 2014, menunjukkan trend heat rate yang cenderung naik, dari trend heat rate tersebut didapatkan persamaan $y = 0.224x + 6943$, sedangkan untuk efisiensi termal menunjukkan terjadi penurunan kinerja dari turbin di PLTU 1 Jawa Timur Pacitan, dan dari trend penurunan efisiensi termal juga di dapatkan persamaan $y = -0.001x + 48.16$, 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 ± 11 bulan beroperasi tidak menunjukkan perbedaan yang besar, sehingga masih bisa dikatakan unit dalam kondisi baik.

Kata kunci: Turbin, Heat rate, Efisiensi termal

EVALUATION PERFORMANCE OF STEAM TURBINE UNIT 1 PLTU 1 JAWA TIMUR PACITAN USING HEAT RATE AND THERMAL EFFICIENCY METHOD

Abstract

Along with the current electricity needs, Indonesia executes the program acceleration of the construction of 10.000 mw power plant by erecting some power plants, especially the steam power plant which works by using coal burning. 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 commissioning and also when the unit is operating with load 300 mw on January 2014 until May 2014, indicates that the trend of the heat rate tends to rise, and from the trend of heat rate we can get the equation $y = 0.224x + 6943$, whereas for thermal efficiency shows the decrease of the performance which occurs from turbine PLTU 1 Jawa Timur Pacitan. And from the reduction trend of thermal efficiency also obtained the equation $y = 0.001x + 48,16$, 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 the evaluation of turbine heat rate and thermal efficiency after 11 months in operation does not indicate great difference, so we can say that the unit is still in a good condition.

Key words: Turbine, heat rate, thermal efficiency

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR ORISINALITAS	ii
LEMBAR TUGAS PROYEK AKHIR	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAKSI	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Pembatasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siklus PLTU	5
2.1.1 Sistem Uap	6
2.1.2 Sistem Air Kondensat.....	7
2.1.3 Sistem Air Pengisi.....	8
2.2 Siklus Rankine	8
2.2.1 Siklus Rankine Superheat.....	9

2.2.2 Siklus Rankine dengan Pemanasan Ulang	10
2.2.3 Siklus Regeneratif	11
2.2.4 Siklus Rankine dengan kogenerasi.....	13
2.3 Keseimbangan Massa dan Energi	14
2.4 Definisi Turbin Uap	15
2.5 Klarifikasi.....	15
2.5.1 Berdasarkan Tekanan Akhir Uap	15
2.5.2 Berdasarkan Arah Aliran Uap.....	16
2.5.3 Berdasarkan Proses Transformasi Uap.....	16
2.5.4 Berdasarkan dari Segi Aliran Uap.....	19
2.5.5 Berdasarkan Casing.....	20
2.5.6 Berdasarkan Exhaust Flow.....	21
2.6 Efisiensi.....	22
2.7 Heat rate	23

BAB III PROSEDUR PELAKSANAAN TUGAS AKHIR

3.1 Tahap Persiapan 26	
3.1.1 Identifikasi Masalah	26
3.1.2 Perumusan Masalah	28
3.1.3 Studi Literatur dan Studi Lapangan	28
3.1.4 Mempelajari Skema Aliran Sistem Termodinamika Unit.....	29
3.2 Pengumpulan Data	30
3.2.1 Pengambilan Data Melalui Database Computer CCR.....	32
3.2.2 Mencari Enthalpy Dari Setiap Variabel Yang Diperlukan	39
3.2.3 Melengkapi Data Laju Alir Kebocoran Uap	40
3.2.4 Menghitung Data Yang Memerlukan Perhitungan	40
3.2.5 Hasil Pengambilan Data.....	46

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Menghitung heat rate gross turbine	48
4.2 Menghitung Efisiensi Termal Turbin	49
4.3 Hasil Perhitungan Heat Rate dan Efisiensi Termal	50
4.4 Sitem Proteksi turbin Uap	50

4.5 Pemeliharaan turbin uap PLTU 1 Jawa timur Pacitan 68

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....56

5.2 Saran.....56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Konversi Energi Pada PLTU	5
Gambar 2.2 Siklus Rankine Superheat.....	9
Gambar 2.3 Siklus Rankine dengan Pemanasan Ulang	10
Gambar 2.4 Siklus Rankine Regeneratif dengan Open Feedwater Heater	11
Gambar 2.5 Siklus Rankine Regeneratif dengan close Feedwater Heater.....	12
Gambar 2.6 Siklus Rankine Kogenerasi	13
Gambar 2.7 Turbin Impuls.....	16
Gambar 2.8 Turbin Impuls Bertingkat Kecepatan (Curtis).....	17
Gambar 2.9 Turbin Impuls Bertingkat tekanan (Rateau).....	18
Gambar 2.10 Turbin Impul dan Reaksi.....	18
Gambar 2.11 Turbine Single Casing.....	20
Gambar 2.12 Turbine compound (multi) casing	21
Gambar 2.13 Turbin dengan Exhaust Multy Flow.....	22
Gambar 3.1 Diagram Alir pelaksanaa Tugas Akhir.....	28
Gambar 3.2 Skema Sistem Termodinamika PLTU 1 Jawa Timur Pacitan.....	29
Gambar 3.3 Display Feed Water System Pada CCR	33
Gambar 3.4 Display Extraction Steam System Pada CCR	34
Gambar 3.5 Display HP&LP Drain Sytem Pada CCR	35
Gambar 3.6 Display SH & RH Sytem Pada CCR.....	36
Gambar 3.7 Display Main Steam & By pass System Pada CCR.....	37
Gambar 3.8 Display Unit GT System Pada CCR	38
Gambar 3.9 Display Software Chemicalogic Steam Tab Companion.....	39
Gambar 3.10 Skema Aliran HPH 1	40
Gambar 3.11 Skema Aliran HPH 2.....	42
Gambar 3.12 Skema Aliran Cold Reheat.....	43
Gambar 3.13 Skema Aliran Hot Reheat.....	45
Gambar 4.1 Grafik Heat Rate Turbin dan Running Hours	51
Gambar 4.2 Grafik Efisiensi Termal dan Running Hours	51
Gambar 4.3 Kerusakan Isolasi Saluran Uap LP Turbin.....	53
Gambar 4.4 Kerusakan Isolasi Saluran Pipa di Berbagai Lokasi.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Turbin Uap PLTU 1 Jawa Timur Pacitan.....	27
Tabel 3.2 Data Yang Diperlukan Untuk Proses Perhitungan Heat Rate Turbin.....	30
Table 3.3 Hasil Pengambilan Data Pada Tanggal 22 April 2014	46

DAFTAR LAMPIRAN

Data hasil penghitungan heat rate dan efisiensi termal	57
--	----