



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**ANALISA UNJUK KERJA *LOW PRESSURE HEATER* UNIT #1 6  
DENGAN METODE *EFFECTIVENESS - NTU*  
PLTU 1 JAWA TIMUR PACITAN PADA BEBAN 200 MW**

**TUGAS AKHIR**

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

**FAWZI AKBAR SURYADANI  
21050111083005**

**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 : FAWZI AKBAR SURYADANI

NIM : 21050111083005

Tanda Tangan :

Tanggal :



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**  
**UNIVERSITAS DIPONEGORO**  
**FAKULTAS TEKNIK**

**TUGAS PROYEK AKHIR**  
**No. : 05 / V / PA / DIII TM / 2014**

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk Mahasiswa berikut :

Nama : FAWZI AKBAR SURYADANI'  
NIM : 21050111083005  
Judul Proyek Akhir : ANALISA UNJUK KERJA *LOW PRESSURE HEATER*  
UNIT#1 6 DENGAN METODE *EFFECTIVENESS - NTU*  
PLTU 1 JAWA TIMUR PACITAN PADA BEBAN 200  
MW

Isi Tugas :

1. Perhitungan Efektivitas dengan Metode Kalkulasi
2. Perhitungan Efektivitas dengan metode *effectiveness - NTU*

Demikian agar diselesaikan selambat-lambatnya 2 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini, dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 6 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang,  
Ketua Program DIII Kerjasama  
FT. UNDIP – PT. PLN

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

NIP. 19610616 199303 1 002

Tembusan

- Koordinator Proyek Akhir
- Dosen Pembimbing

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : FAWZI AKBAR SURYADANI

NIM : 21050111083005

Jurusan / Program Studi : TEKNIK MESIN / DIPLOMA III

Judul Proyek Akhir : ANALISA UNJUK KERJA *LOW PRESSURE HEATER*  
UNIT #1 6 DENGAN METODE *EFFECTIVENESS – NTU* PLTU 1 JAWA TIMUR  
PACITAN PADA BEBAN 200 MW

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 : Didik Ariwibowo,ST.MT (.....)

Penguji I : Didik Ariwibowo,ST.MT. (.....)

Penguji II : Drs.Indartono,M.Par,M.Si (.....)

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

Semarang, Agustus 2014

Ketua Program DIII Kerjasama

FT.UNDIP – PT.PLN

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

NIP.196106161993031002

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

---

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

Nama : Fawzi Akbar Suryadani  
NIM : 21050111083005  
Jurusan / Program Studi : Teknik Mesin / Diploma III  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive royalty Free Right*) atas karya ilmiah berjudul :

“ANALISA UNJUK KERJA *LOW PRESSURE HEATER* UNIT#1 6 DENGAN METODE *EFFECTIVENESS* - NTU PLTU 1 JAWA TIMUR PACITAN PADA BEBAN 200 MW ”.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan 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 :

Yang menyatakan,

**Fawzi Akbar Suryadani**  
NIM.21050111083005

## HALAMAN MOTTO

**Motto :**

1. Jangan mudah menyerah dan jangan berhenti berharap untuk mencapai sesuatu.
2. Tidak ada sakit hati yang tak bisa disembuhkan.
3. Orang hebat tidak dibentuk dengan kenyamanan, mereka lahir dari kerja keras, keringat dan air mata.

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas Akhir ini penulis dedikasikan untuk :

1. Ibu dan Ayah selaku orang tua penulis, Vanidyatama dan Aufadifa sebagai adik-adik penulis yang selalu sabar dan memberikan semangat demi kelancaran kelulusan penulis.
2. Berta Lestari yang selalu memberi dukungan dan motivasi penulis.
3. Seluruh dosen dan rekan-rekan PSD III Teknik Mesin Kelas Kerjasama FT Undip-PT. PLN angkatan 2011 yang sudah banyak membantu hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillah, penulis panjatkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Laporan Tugas Akhir. Tugas Akhir yang penulis susun merupakan salah satu syarat dalam kurikulum pendidikan PSD III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Penyusunan Tugas Akhir dilaksanakan bersamaan dengan pelaksanaan Praktek Kerja Lapangan / Magang di PLTU 1 Jawa Timur Pacitan.

Tugas Akhir yang penulis susun memiliki tujuan untuk mengetahui penerapan teori yang diperoleh di bangku perkuliahan dan menerapkannya di dunia industri. Laporan dalam bentuk Tugas Akhir ini disusun berdasarkan hasil observasi lapangan, interview dan data-data dari literatur yang didapatkan penulis selama magang di PLTU 1 Jawa Timur Pacitan.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak yang sudah banyak membantu penulis menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini kepada :

1. Allah SWT., atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya.
2. Ibu dan Ayah penulis yang selalu mendukung baik secara moral maupun material, yang selalu mengingatkan untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Zainal Abidin, Ms selaku ketua Program Diploma III Fakultas teknik Universitas Diponegoro.



4. Bapak Bambang Setyoko, ST, M.Eng selaku ketua Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
5. Bapak Ir. Bambang Winardi, M.Kom selaku ketua program kerjasama FT UNDIP dengan PT. PLN (Persero).
6. Bapak Didik Ariwibowo, ST.MT. selaku dosen pembimbing penulis
7. Bapak Winanto sebagai Pembimbing Lapangan 1 di PLTU 1 Jawa Timur Pacitan.
8. Rekan-rekn kerja di PLTU 1 Jawa Timur Pacitan yang tak bisa penulis sebutkan satu per satu.
9. Rekan-rekan seperjuangan di Program Studi Diploma III Teknik Mesin Program Kelas Kerjasama PLN angkatan 2011.
10. Semua pihak yang telah membantu penulisan laporan ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini tak luput dari kesalahan dan kekurangan. Karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak.

Akhir kata penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi kita semua, Aamiin.

Semarang, Juli 2014

Penulis

## ABSTRAK

### ANALISA UNJUK KERJA *LOW PRESSURE HEATER* UNIT#1 6 DENGAN METODE *EFFECTIVENESS - NTU* PLTU 1 JAWA TIMUR PACITAN PADA BEBAN 200 MW

Alat penukar panas merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam suatu industri yang melibatkan proses transfer panas seperti pembangkit listrik. Pembangkit listrik mempunyai alat penukar panas yang dapat melakukan proses transfer. Salah satunya adalah unit *Low Pressure Heater*.

*Low Pressure Heater* merupakan alat penukar panas bertipe *Shell and Tube* dengan susunan pipanya berupa Pipa U. PLTU 1 Jawa Timur terdiri dari 2 unit yang beroperasi memasang masing – masing 4 unit *Low Pressure Heater*, yaitu *Low Pressure Heater 7-8*, *Low Pressure Heater 6* dan *Low Pressure Heater 5*. Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja dari salah satu *Low Pressure Heater* tersebut atau tepatnya pada *Low Pressure Heater Unit#1 6*. Dengan menggunakan metode kalkulasi dan *effectiveness – NTU*, akan diketahui seberapa besar efektivitas yang diberikan oleh *Low Pressure Heater Unit#1 6* tersebut. Penulis membatasi analisa alat penukar panas ini ketika unit 1 PLTU 1 Jawa Timur Pacitan beroperasi pada beban 200 MW.

Proses perhitungan menggunakan metode kalkulasi dan metode *effectiveness – NTU* menghasilkan nilai *effectiveness* sebesar 0,94 sehingga *Low Pressure Heater Unit#1 6* masih menunjukkan kinerja yang maksimal.

**Kata Kunci** : *Shell and Tube*, Alat Penukar Panas, *Low Pressure Heater*, *Effectiveness*, *NTU*

## **ABSTRACT**

### **PERFORMANCE ANALYSIS OF LOW PRESSURE HEATER UNIT#1 6 USING EFFECTIVENESS – NTU PLTU 1 JAWA TIMUR PACITAN ON 200 MW LOAD**

*Heat Exchanger is an important component in the field of industries which brought some heat transfer's processes like a power plant. A power plant has many heat exchangers which brought process transfer. One of them is Low Pressure Heater.*

*Low Pressure Heater is a Shell and Tube heat exchanger with U-Pipe piping structure inside the heater. PLTU 1 Jawa Timur Pacitan which has 2 operational units set 4 units of Low Pressure Heater. There are Low Pressure Heater 7-8, Low Pressure Heater 6 and Low Pressure Heater 5 in each operational unit. The purpose of this thesis is for knowing the performance of one of the low pressure heaters, for exactly Low Pressure Heater Unit#1 6. Using two methods, Calculation Method and Effectiveness – NTU method, the writer will know the effectiveness which is given by this low pressure heater. The writer also limits the performance analysis of Low Pressure Heater when unit 1 of PLTU 1 Jawa Timur Pacitan operates on 200 MW load.*

*Measurement process used both calculation method and effectiveness – NTU method give effectiveness value as 0,94 therefore Low Pressure Heater Unit#1 6 still has maximal quality.*

**Keywords** : *Shell and Tube, Heat Exchanger, Low Pressure Heater, Effectiveness, NTU*

# DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Halaman Pernyataan Orisinalitas .....	ii
Surat Tugas Proyek Akhir.....	iii
Lembar Pengesahan .....	iv
Lembar Pengesahan .....	v
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi.....	vi
Halaman Motto .....	vii
Halaman Persembahan.....	viii
Kata Pengantar .....	ix
Abstrak.....	xi
<i>Abstract</i> .....	xii
Daftar Isi .....	xiii
Daftar Gambar .....	xvi
Daftar Tabel .....	xviii
Daftar Notasi.....	xix
Daftar Lampiran .....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang            1	
1.2 Perumusan Masalah       3	
1.3 Batasan Masalah          4	
1.4 Alasan Memilih Judul      4	

1.5 Tujuan Tugas Akhir	5
1.6 Metode Pengumpulan Data	6
1.7 Sistematika Penulisan Laporan	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>9</b>
2.1 <i>Water and Steam Cycle</i>	9
2.2 Prinsip Kerja Air Kondensat	13
2.3 Perpindahan Panas	15
2.4 Alat Penukar Kalor	18
2.5 <i>Low Pressure Heater</i>	31
<b>BAB III PROSEDUR PELAKSANAAN TUGAS AKHIR</b>	<b>33</b>
3.1 Objek Penelitian	33
3.2 Perencanaan Penelitian	38
3.3 Istilah	40
3.4 Pengambilan Data	42
3.5 Urutan Perhitungan	46
<b>BAB IV HASIL ANALISA DAN KALKULASI</b>	<b>56</b>
4.1 Perhitungan <i>Effectiveness Low Pressure Heater Unit #1 6</i> Pada Beban 200 MW	56
4.2 Pembahasan	63
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>66</b>
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	66
Daftar Pustaka	xxi

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Air dan Uap.....	9
Gambar 2.2 <i>Condensate Water and Make Up Water System</i> .....	14
Gambar 2.3 Perpindahan Panas secara Konduksi.....	17
Gambar 2.4 <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i> .....	21
Gambar 2.5 Alat Penukar Kalor Tabung dan Tipe Pipa U .....	22
Gambar 2.6 <i>Double Pipe Heat Exchanger</i> .....	23
Gambar 2.7 Susunan <i>Fin</i> dan <i>Tube</i> pada Penukar Panas Tipe Pipa Bersirip .....	24
Gambar 2.8 <i>Plate Heat Exchanger</i> .....	25
Gambar 2.9 <i>Spiral Heat Exchanger</i> .....	25
Gambar 2.10 Aliran <i>Counterflow</i> pada Penukar Panas .....	27
Gambar 2.11 Aliran <i>Parallel</i> pada Alat Penukar Panas .....	28
Gambar 2.12 Aliran <i>Crossflow</i> pada Alat Penukar Panas .....	29
Gambar 2.13 <i>Low Pressure Heater</i> .....	32
Gambar 3.1 Diagram Alir Air Umpan pada <i>LP Heater</i> .....	36
Gambar 3.2 Diagram Alir Uap Ekstraksi dari Turbin.....	37
Gambar 3.3 Diagram Alir <i>Drains System</i> .....	38
Gambar 3.4 Skema Perencanaan Penelitian Tugas Akhir .....	39
Gambar 3.5 Software <i>Steam Table</i> .....	41
Gambar 3.6 Software <i>Steam Table</i> .....	42

Gambar 3.7 Perjanjian Tanda Nilai <i>Massflow</i> dan <i>Entalphy</i>	
<i>LP Heater Unit #1 6</i> .....	47
Gambar 3.8 Perjanjian Tanda Nilai Temperatur dan Tekanan	
<i>LP Heater Unit #1 6</i> .....	47
Gambar 3.9 Proses Transfer Energi pada <i>LP Heater</i> .....	50
Gambar 3.10 Grafik <i>LMTD Correction Factor</i> .....	53
Gambar 3.11 Grafik <i>Effcetiveness for Single Pass Shell and Multiple Tubes</i> .....	54
Gambar 4.1 Grafik <i>LMTD Correction Factor</i> .....	61
Gambar 4.2 Grafik $-NTU$ .....	63
Gambar 4.3 Grafik Efektivitas <i>LP Heater Unit #1 6</i> Retang Bulan Oktober 2013 – Februari 2014.....	64
Gambar 4.4 Grafik Efektivitas <i>LP Heater Unit #1 6</i> Rentang Bulan Februari – Mei 2014 .....	64

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Format Data <i>Low Pressure Heater Unit #1 6</i> .....	44
Tabel 3.2 Format Data Perhitungan <i>Low Pressure Heater Unit #1 6</i> .....	44
Tabel 4.1 <i>Data Low Pressure Heater Unit #1 6</i> pada Tanggal 10 Oktober 2014 .....	57



## DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Penggunaan Petama Halaman
A	<i>Heat Transfer Area</i>	53
C max	Kapasitas Kalor Maksimal	54
C min	Kapasitas Kalor Minimal	49
C <sub>p<sub>s</sub></sub>	Kalor Jenis Uap ekstraksi	49
C <sub>p<sub>w</sub></sub>	Kalor Jenis Air	49
C <sub>s</sub>	Kapasitas Kalor Uap Ekstraksi	49
C <sub>w</sub>	Kapasitas Kalor Air	49
	<i>Effectiveness</i>	51
F	<i>Correction Factor</i>	53
h <sub>1</sub>	<i>Inlet Entalphy</i> air umpan	47
h <sub>2</sub>	<i>Outlet Entalphy</i> air umpan	47
h <sub>3</sub>	<i>Inlet Entalphy</i> uap ekstraksi	47
h <sub>4</sub>	<i>Outlet Drain Entalphy</i> uap ekstraksi	47
LMTD	<i>Log Mean Temperature Differential</i>	52
1	<i>massflow</i> air umpan masuk	47
2	<i>massflow</i> air umpan keluar	47
3	<i>massflow</i> uap ekstraksi masuk	47
NTU	<i>Number of Transfer Unit</i>	54
P <sub>1</sub>	<i>Water Inlet Pressure</i>	47
P <sub>2</sub>	<i>Water Outlet Pressure</i>	47

<b>Simbol</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Penggunaan Petama Halaman</b>
$P_4$	<i>Outlet Drain Pressure</i> uap ekstraksi	47
$Q$	Jumlah Kalor / Panas	48
$q_{\text{actual}}$	Kalor Sebenarnya	51
$q_{\text{max}}$	Kalor Maksimal	49
$T_1$	<i>Water Inlet Temperature</i>	47
$T_2$	<i>Water Outlet Temperature</i>	47
$T_3$	<i>Steam Extraction Inlet Temperature</i>	47
$T_4$	<i>Outlet Drain Temperature</i> uap ekstraksi	47
$U$	<i>Heat Transfer Coefficient</i>	53
$T_{\text{max}}$	Beda Temperatur Maksimal	49
$T_{\text{actual}}$	Beda Temperatur Sebenarnya	51

## DAFTAR LAMPIRAN

Data <i>Low Pressure Heater</i> Unit#1 6 Rentang Bulan Oktober 2013 – Februari 2014 Pada Beban 200 MW .....	68
Data Perhitungan <i>Low Pressure Heater</i> Unit#1 6 Rentang Bulan Februari – Mei 2014 Pada Beban 200 MW .....	69

## DAFTAR PUSTAKA

- Byrne,C.Richard, 1988, *Tubular Exchanger Manufacturer Association (TEMA)*,Tubular Exchanger Manufacturer Association.Inc; New York
- Cengel,Y.A, 2006, *Thermodynamics : An Engineering Approach Fifth Edition*, Mc.Graw-Hill; New York
- Dongfang Turbine Co., Ltd,2009, *Operation Manual For JD-600-III LP Heater*, Dongfang Turbine Co.,Ltd,Beijing
- Incropera, 2007, *Fundamental of Heat and Mass Transfer*, Wiley Press; New Jersey
- Kuppan,T, 2000, *Heat Exchanger Design Handbook*, Marcell Dekker,Inc; New York
- Pitts,Donald R,dan E.Sissom,Leighton, 2011, *Teori dan Soal Soal Perpindahan Kalor Edisi Kedua*, Erlangga; Jakarta
- PLTU 1 Jawa Timur Pacitan, 2009, *Turbine Performance Test Report of Unit No.1*, Dongfang Turbine Co.,Ltd, Beijing
- Suryadani,Akbar Fawzi,2014,Pengoperasian dan Perawatan *Low Pressure Heater* di PLTU 1 Jawa Timur Pacitan,Laporan Praktek Kerja Lapangan,Fakultas Teknik Universitas Diponegoro