



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**EVALUASI KINERJA ALAT PENUKAR KALOR AIR
PREHEATER TIPE *ROTARY* LAP 10320/2200 UNIT 2 PT PLN
(PERSERO) SPP PLTU I JAWA TENGAH REMBANG**

TUGAS AKHIR

WAHYU ARIEF MAHATMA

21050110083005

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM DIII KERJASAMA FT UNDIP – PT PLN

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

JULI 2013



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**EVALUASI KINERJA ALAT PENUKAR KALOR AIR
PREHEATER TIPE ROTARY LAP 10320/2200 UNIT 2 PT PLN
(PERSERO) SPP PLTU I JAWA TENGAH REMBANG**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya

WAHYU ARIEF MAHATMA

21050110083005

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM DIII KERJASAMA FT UNDIP – PT PLN

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

JULI 2013

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 : WAHYU ARIEF MAHATMA

NIM : 21050110083005

Tanda Tangan :

Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

ANALISIS OPERASIONAL DAN TIDAK OPERASIONALNYA HEAT EXCHANGGER 3 PADA PLTU 1 JAWA TENGAH REMBANG

OLEH

YEPTA DENY MARTIEN

21050110083007

Telah disetujui sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Diploma III Teknik Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, pada :

Hari :

Tanggal :

Mengetahui,

Ketua Program DIII Kerjasama

FT Undip – PT PLN

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Ir. Bambang Winardi

NIP. 196106161993031002

NIP.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

NAMA : WAHYU ARIEF MAHATMA
NIM : 21050110083005
Jurusan / Program Studi : TEKNIK MESIN / DIPLOMA III Kerjasama PLN
Judul Tugas Akhir : EVALUASI KINERJA ALAT
PENUKAR KALOR AIR PREHEATER
TIPE ROTARY LAP 10320/2200 UNIT
2 PT PLN (PERSERO) PLTU JAWA
TENGAH REMBANG.

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

TIM PENGUJI

Pembimbing / Penguji I : Seno Darmanto, ST.MT (.....)
Penguji II : Ir. H. Murni, MT (.....)
Penguji III : Ir. Sutomo, M.Si (.....)

Semarang, Maret 2013
Ketua PSD III Teknik Mesin
FT-UNDIP – PT.PLN

Ir. Bambang Winardi
NIP 196106161993031002

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

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

Nama : Yepta Deny Martien
NIM : 21050110083007
Jurusan / Program Studi : Teknik Mesin / Diploma III Kerjasama PLN
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 berjudul :

**“ANALISIS OPERASIONAL DAN TIDAK OPERASIONALNYA
HEAT EXCHANGER 3 PADA PLTU 1 JAWA TENGAH
REMBANG”**

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

Yepta Deny Martien
21050110083007

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah – Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

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.

Penulis mendapat banyak saran, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak selama menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada :

1. Kedua Orang Tua atas dukungan materiil dan non materiil yang selalu diberikan.
2. Ir. H. Zainal Abidin, MS. selaku ketua Program Studi Diploma III Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
3. Ir. Bambang Winardi selaku Ketua Program Kerjasama DIII FT UNDIP
4. Ir. Sutomo, M.Si, selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Diponegoro.
5. Sri Utami Handayani, ST, MT. selaku Koordinator Bidang Teknik mesin Program DIII Kerjasama FT Undip.
6. Seno Darmanto, ST., MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
7. Bapak Sutikno dan Bapak Nurrony Rizal Darmawan selaku pembimbing lapangan yang selalu memberikan masukan.
8. Staf pengajar pada Program DIII Kerjasama FT Undip – PT. PLN bidang Teknik Mesin Universitas Diponegoro yang telah banyak memberikan arahan.
9. Operator di PLTU I Rembang Jawa Tengah yang telah banyak membantu dan membimbing dalam penulisan Tugas Akhir.
10. Teman-teman angkatan 2010 Program Diploma III Teknik Mesin UNDIP 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 Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca.

Semarang, Juli 2013

Wahyu Arief Mahatma

EVALUASI KINERJA ALAT PENUKAR KALOR
AIR PREHEATER TIPE ROTARY LAP 10320/2200 UNIT 2
PT PLN (PERSERO) SPP PLTU I JAWA TENGAH REMBANG

Kebutuhan pemanasan awal untuk udara pembakaran pada boiler sekarang ini menjadi suatu keharusan sebagai usaha untuk meningkatkan efisiensi boiler. Rotary air preheater digunakan untuk pemanasan awal (preheater) pada saat pembakaran di dalam ruang bakar terjadi, khususnya pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Udara pembakaran yang dibutuhkan di ruang bakar diharapkan memiliki temperatur yang lebih tinggi agar menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna. Apabila air preheater dioperasikan beberapa waktu, maka akan terjadi penurunan unjuk kerja dari alat tersebut. Penurunan unjuk kerja bisa jadi disebabkan oleh terbentuknya kerak, korosi, kebocoran (leakage) maupun aliran fluida yang menyebabkan friksi terhadap dinding alat

Tujuan dari evaluasi ini adalah membandingkan seberapa besar penurunan kinerja air preheater dari awal operasi (November 2010) dengan waktu operasi aktual (Februari 2013) pada beban 215 MW dan 300 MW. Dalam kasus ini Efisiensi air preheater pada bulan November 2011 sampai Februari 2013 dengan beban 215 MW mengalami penurunan sebesar 5,06 % pada APH A, dan 7,11 % pada APH B. Efisiensi air preheater pada bulan November 2011 sampai Februari 2013 dengan beban 300 MW mengalami penurunan sebesar 6,62 % pada APH A, dan 7,9 % pada APH B. Hal ini menunjukkan jumlah panas yang hilang terus meningkat karena terbentuknya kerak di permukaan plat perpindahan panas, penurunan tekanan, dan kebocoran udara, sehingga proses perpindahan panas yang terjadi belum bisa optimal.

Kata kunci : perpindahan panas, air preheater, efisiensi

PERFORMANCE EVALUATION HEAT EXCHANGER
AIR PREHEATER ROTARY TYPE LAP 10320/2200 UNIT 2
PT PLN (PERSERO) SPP PLTU I JAWA TENGAH REMBANG

The need for combustion air preheating the boiler now become a necessity in an attempt to improve the efficiency of the boiler. Rotary air pre-heater is used to preheat (preheater) during combustion in the combustion chamber occurs, especially in Steam Power Plant (CPP). Required combustion air in the combustion chamber is expected to have a higher temperature in order to produce a more complete combustion. If water preheater operated some time, there will be a decline in the performance of these tools. Decline in performance could be due to scaling, corrosion, leakage (leakage) as well as fluid flow that causes friction against the wall plate.

The purpose of this evaluation is to compare how much water preheater performance degradation of initial operation (November 2010) with the actual operating time (February 2013) on the load 215 MW and 300 MW. In this case the efficiency of water preheater in November 2011 to February 2013 with a load of 215 MW has decreased by 5.06% on APH A, and 7.11% at APH B. Water efficiency preheater in November 2011 to February 2013 with a load of 300 MW has decreased by 6.62% on APH A, and 7.9% at APH B. This indicates the amount of heat lost due to increased formation of a crust on the surface of the plate heat transfer, pressure drop, and leak air, so as the heat transfer processes that occur can not be optimal.

Keywords: heat transfer, air preheater, efficiency

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN TUGAS PROYEK AKHIR	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAKSI	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Perpindahan Panas	6
2.1.1 Konduksi	6
2.1.2 Konveksi	7
2.1.3 Radiasi	10
2.1.4 Lapisan Batas	11
2.1.5 Aliran Laminar dan Turbulen	13
2.1.6 Reynold Number	15
2.1.7 Prandtl Number	17
2.1.8 Nusselt Number	18
2.1.9 Log Mean Temperature Difference (LMTD)	19

2.1.10 Metode NTU-effectiveness	20
2.2 Air Preheater	24
2.2.1 Tubular Air Preheater	25
2.2.2 Regenerative Air Preheater	26
2.3 Kerugian-kerugian (<i>losses</i>)	28
2.3.1 Faktor Pengotoran (Fouling Factor)	28
2.3.2 Kebocoran Udara (Air Leakage)	29
2.3.2.1 Kebocoran Circumferential Seal	31
2.3.2.2 Kebocoran Radial Seal	31
2.3.3 Pressure Drop	33
2.3.4 Heat Loss Rate (Panas yang Hilang)	33
2.4 Kesenjangan Energi	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	36
3.1 Peralatan Penelitian	36
3.1.1 Tinjauan Umum	36
3.1.2 Perancangan	37
3.1.3 Pemasangan	45
3.1.4 Prinsip Kerja Air Preheater Tipe Rotary LAP 10320/2200	48
3.2 Perencanaan Penelitian	50
3.2.1 Data Perencanaan	51
3.2.2 Variabel Penelitian	54
3.3 Flowchart Perhitungan	55
3.4 Pengolahan Data	59
BAB IV EVALUASI DAN PEMBAHASAN	71
4.1 Evaluasi dan Pembahasan Beban 215 MW	71
4.2 Evaluasi dan Pembahasan Beban 300 MW	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	78
5.1 Kesimpulan	78
5.2 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perpindahan kalor yang mungkin terjadi dari permukaan panas ke udara sekitarnya.....	9
Gambar 2.2	Aliran eksternal udara dan aliran internal air pada suatu pipa/saluran.....	10
Gambar 2.3	Profil-profil kecepatan untuk lapisan batas laminar dan turbulen dalam aliran melewati pelat datar	12
Gambar 2.4	Struktur aliran turbulen didekat benda padat	14
Gambar 2.5	Distribusi Suhu Dalam Penukar Panas untuk jenis aliran <i>counterflow</i>	19
Gambar 2.6	<i>Tubular Air Preheater</i>	26
Gambar 2.7	<i>Air Preheater</i> Tipe Tri-sector, Tipe Quart-Sector, dan Concentric-Sector.....	27
Gambar 2.8	Jalur Aliran Kebocoran <i>Air Preheater</i>	29
Gambar 2.9	Kebocoran <i>Circumferential</i> dan <i>Radial</i>	32
Gambar 2.10	Kesetimbangan energi pada konveksi	34
Gambar 3.1	<i>Air Preheater</i> Tipe <i>Rotary</i> LAP 10320/2200.....	37
Gambar 3.2	Konstruksi Dasar Rotor <i>Air Preheater</i> Tipe <i>Rotary</i> LAP 10320/2200	38
Gambar 3.3	Bagian-Bagian <i>Rotor Air Preheater</i>	39
Gambar 3.4	<i>Corrugated Plate</i> pada Elemen Pemanas.....	40
Gambar 3.5	<i>Rotor Housing Air Preheater</i>	41
Gambar 3.6	Konstruksi Dasar Rotor housing Pandangan Atas dan Samping	42
Gambar 3.7	Konstruksi Dasar <i>Rotor Housing</i> Pandangan Atas, Samping dan Bawah	43
Gambar 3.8	<i>Support Bearing</i> dan <i>Guide Bearing</i>	45
Gambar 3.9	<i>Hot End</i> dan <i>Cold End Heating Elements</i>	46
Gambar 3.10	Arah Putaran <i>Tri-sector Air Preheater</i>	48
Gambar 3.11	Skema Perencanaan Penelitian Tugas Akhir.....	50
Gambar 3.12	Format data evaluasi penelitian.....	52

Gambar 4.1	Kurva Hubungan Efisiensi <i>Air Preheater</i> Terhadap Waktu pada Beban 215 MW	71
Gambar 4.2	Kurva Hubungan Efisiensi <i>Air Preheater</i> Terhadap Waktu pada Beban 300 MW	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Rentang Nilai Bilangan Prandtl Untuk Fluida	18
Tabel 2.2	Daftar Faktor Pengotoran Normal.....	29
Tabel 3.1	Data <i>Design Air Preheater</i>	59
Tabel 3.2	Data Sample Kondisi Operasi <i>Air Preheater</i>	59
Tabel 4.1	Hasil Evaluasi Air Preheater Bulan November 2011 dengan Bulan Februari 2013	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A-1	Pelaksanaan Pengambilan <i>Trend Data</i>	81
Lampiran A-2	Tabel Thermophysical properties of gases at atmospheric pressure	95
Lampiran A-3	Grafik Faktor koreksi terhadap thermal effectiveness.....	96
Lampiran A-4	Data Kondisi Operasi dan Hasil Perhitungan	97