

ANALISIS PERFORMANSI PADA KOTREK UAP PIPA AIR  
DENGAN KAPASITAS UAP YANG BERVARIASI  
DI POWER STATION DI PT. PERTAMINA UP III PLAJU



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Bidang Studi Teknik Mesin

Oleh :

RIARDE  
0002030000

ALFREDUS THOMAS KURNIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2007



S  
621.107

Har  
a

2007

**ANALISIS PERFORMANSI PADA KETEL UAP PIPA AIR  
DENGAN KAPASITAS UAP YANG BERVARIASI  
DI POWER STATION II PT. PERTAMINA UP III PLAJU**



**SKRIPSI**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Bidang Studi Teknik Mesin**

R. 17264  
I. 17646

**Oleh :**

**HARDI  
03023150009**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
INDERALAYA  
2007**

**ANALISIS PERFORMANSI PADA KETEL UAP PIPA AIR  
DENGAN KAPASITAS UAP YANG BERVARIASI  
DI POWER STATION II PT. PERTAMINA UP III PLAJU**



Oleh

**HARDI**  
**03023150009**

Diketahui oleh,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin




**Ir. Helmy Alian, M.T.**  
**NIP. 131 672 077**

Diperiksa dan disetujui oleh,  
Dosen Pembimbing,



**Dr. Ir. Riman Sipahutar, MSc.**  
**NIP. 131 595 556**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**Agenda Nomor** : 1716/TA/IA/2008  
**Diterima tanggal** : 7-1-2008  
**Paraf** : 

**Nama** : HARDI

**NIM** : 03023150009

**Mata Kuliah** : Termodinamika

**Spesifikasi** : ANALISIS PERFORMANSI PADA KETEL UAP PIPA AIR  
DENGAN KAPASITAS UAP YANG BERVARIASI DI  
POWER STATION II PT. PERTAMINA UP III PLAJU.

**Diberikan** : Juli 2007

**Selesai** : November 2007

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Teknik Mesin**

**Disetujui,**  
**Dosen Pembimbing**

  
**Ir. Helmy Alian, MT**  
**NIP. 131 672 077**

  
**Dr. Ir. Riman Sipahutar, MSc**  
**NIP. 131 595 556**



# Motto dan Persembahan

## MOTTO :

"Tetap semangat, keep smiling, saling bantu temen sebisamu n ikhlas menjalani hidup."

وَلَا تَهِنُوا وَلَا تَحْزَنُوا وَأَنْتُمُ الْأَعْلَوْنَ إِنْ كُنْتُمْ مُؤْمِنِينَ

QS. Ali Imran : 139

"Janganlah kamu bersikap lemah, dan janganlah kamu bersedih hati, padahal kamulah orang-orang yang paling tinggi, jika kamu orang-orang yang beriman."

## *Kupersembahkan kepada :*

**ABAKU DAN EMAKKU TERCINTA YANG SENANTIASA MEMBERIKAN GINTA YANG TAK TERHINGGA, SEMANGAT DAN DOA MENJADI NAFAS UNTUK MENJALANI KEHIDUPAN INI**

**K' AGUS(BAGONG), YU' ANI+KEL. DAN MAS AGUS+KEL. MALOT, MBAHKU DAN SELURUH KEL. BESARKU YANG TAK JENUH - JENUHNYA MEMBERIKAN DUKUNGAN DAN NASEHAT YANG SANGAT BERMANFAAT BAGIKU**

**AKIB, AFIF, IJAL, DAFIT, KUDRI, LARNO, IQBAL, ALFIN, EKA, PIPING, MIFTA, VIVI, C-TI, EMIL, TEMAN - TEMANKU TM'02 YANG SELALU MEMBERIKU SEMANGAT, THANK'S DUDE!!! I LOVE U ALL**

**REKAN-REKAN JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK YANG TELAH BANYAK MELUANGKAN WAKTU UNTUK MEMBANTUKU MENYELESAIKAN TUGAS AKHIR INI**

## ABSTRAK

Kilang Pertamina Plaju adalah salah satu industri pengilangan yang banyak menggunakan energi dalam proses produksinya. Salah satu peralatan pada kilang tersebut yang banyak menggunakan energi adalah boiler. Efisiensi peralatan ini selalu berubah sesuai beban operasi. Inefisiensi terjadi karena banyaknya kemungkinan kehilangan panas pembakaran, padahal apabila efisiensi pembakaran ini bisa ditingkatkan, dapat menurunkan konsumsi energi yang pada akhirnya akan menurunkan pula biaya produksi sehingga akan meningkatkan laba perusahaan. Oleh karena itu sudah saatnyalah industri yang pada proses produksinya banyak menggunakan energi mulai menjalankan konservasi energi.

Analisis energi yang berdasarkan hukum pertama termodinamika hanya menyebutkan besar energi dan bahwa *energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan, tetapi hanya bisa diubah bentuknya*. Prinsip tersebut juga di kenal dengan istilah *konservasi energi*. Hukum pertama dapat dinyatakan secara sederhana, selama interaksi antara sistem dan lingkungan, jumlah energi yang diperoleh sistem harus sama dengan energi yang dilepaskan oleh lingkungan. Energi dapat *melintasi batas dari suatu sistem* tertutup dalam dua bentuk yang berbeda : panas (*heat*) dan kerja (*work*).

Dalam penulisan ini digunakan kajian analisis energi dalam menganalisis suatu Ketel Uap. Analisis Energi dilakukan guna melihat kerugian – kerugian yang terjadi pada analisis ini untuk mengetahui pengaruhnya terhadap performa ketel uap. Pada penulisan ini mengambil studi kasus pada ketel uap di Pertamina. Pada kapasitas 47 ton/h hasil dari analisis memperlihatkan kerugian – kerugian yang terjadi yaitu pada proses pembakaran sebesar 2.412,8 MJ/h, pada proses perpindahan panas sebesar 691,743 MJ/h dan kerugian pada proses pencampuran flue gas ke lingkungan sebesar 7.057,808 MJ/h serta efisiensi ketel uap adalah 87%, Pada kapasitas 44 ton/h hasil dari analisis memperlihatkan kerugian – kerugian yang terjadi yaitu pada proses pembakaran sebesar 2.401,504 MJ/h, pada proses perpindahan panas sebesar 1.702,554 MJ/h dan kerugian pada proses pencampuran flue gas ke lingkungan sebesar 6.704,939 MJ/h serta efisiensi ketel uap adalah 86,41%, Pada kapasitas 41,6 ton/h hasil dari analisis memperlihatkan kerugian – kerugian yang terjadi yaitu pada proses pembakaran sebesar 2.398,423 MJ/h, pada proses perpindahan panas sebesar 6.405,231 MJ/h dan kerugian pada proses pencampuran flue gas ke lingkungan sebesar 6.572,226 MJ/h serta efisiensi ketel uap adalah 82,074% dan kemudian kita plot pada diagram Sankey yang merupakan gambar dari hasil perhitungan pada ketel uap di Pertamina Plaju.

**Kata Kunci :** energi, ketel uap, kerugian (losses), efisiensi rasional



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan karunia-Nya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Adapun penulisan Tugas Akhir yang berjudul **“ANALISIS PERFORMANSI PADA KETEL UAP PIPA AIR DENGAN KAPASITAS UAP YANG BERVARIASI DI POWER STATION II DI PT. PERTAMINA UP III PLAJU ”** merupakan persyaratan untuk mendapat gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang turut memberikan bantuan baik berupa pikiran maupun dukungan moral dan spiritual sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, khususnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. H. Hasan Basri, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Ir. Riman Sipahutar, MSc., selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bantuan dan saran serta atas kesabarannya dalam membimbing penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Helmy Alian, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Ir. Zahri Kadir, M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.

5. Ibu Ir. Diah Kusuma Pratiwi, MT dan Bapak Fajri Vidian, ST, MT selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Bapak Arry Budiman, Eddi Sembiring, Slamet Heriyadi, Kirno Yulianto, Kasimin, Baharuddin, Rusli, Effendy, serta seluruh staf PEM-III JPK PT. PERTAMINA UP III (Persero) yang telah banyak membantu dalam Survey Data skripsi di PT. PERTAMINA UP III (Persero) Plaju Palembang.
7. Seluruh staf dosen di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
8. Keluargaku (Mamak & Abahku tersayang , K' Agus, Yu' Ani, Mas Agus+kel, Mbah lanang+wedo' dan kel. besarku yang tidak dapat disebutkan seluruhnya) yang telah memberikan dukungan, semangat, dan nasehat.
9. Staf Tata Usaha (Ayu' Umi dan kak Gunawan) di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
10. Teman-teman angkatan 2002 yang telah memberi bantuan selama masa perkuliahan (Al maniz, Ujal cool, Larno, Kudri, Akib, Panjoel, Piping, Iqbal, Bang Alfin, Eka Jumi ( thank's frend hidupku lebih berwarna dengan adanya kalian), Yudha, Steven, Yudhi, Aulia, Perez, Jimmy, Eroel tembem, Fathan, Yoan, Dody (Bertrant + cino), dallah, Bonney, Ronald, Dani, ozkar, wawan, arry<sup>2</sup>, Idris, Goegie, Hamka, Acoy, Amir, Ryan, Thomas, Dori, Rahmat all, Mas R.R., Romi, Jhon, Catur dan semua kawan-kawan angkatan 2002 kelas A maupun B, thanks very much banget, i love u all)



11. Kakak-kakak dan adik – adik tingkat (K' Medy, omen, K' Doni (thanks atas pinjaman buku - bukunya) dan semua kakak-kakak dan adik – adik tingkat yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu) yang telah memberikan saran dan kritik, serta adik-adik tingkat yang telah memberikan dukungan dan semangat.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan baik dalam hal isi maupun dalam penulisan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun sebagai masukan untuk dapat menyempurnakan Tugas Akhir ini.

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Inderalaya, November 2007

Penulis

## NOMENKLATUR

$Q$	Energi kalor
$E_{in}$	Energi masukan
$E_{out}$	Energi keluaran
$h$	Entalpi
$h_o$	Entalpi pada temperatur lingkungan
$\dot{m}_f$	Laju aliran massa fuel
$\dot{m}_s$	Laju aliran massa uap
$T$	Temperatur
$T_o$	Temperatur lingkungan
$C_p$	Kalor spesifik
$\eta$	Efisiensi



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
NOMENKLATUR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	I - 1
1.2 Perumusan Masalah.....	I - 3
1.3 Tujuan Penelitian.....	I - 4
1.4 Sistematika Penulisan.....	I - 4

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah dan Perkembangan Metoda Analisis Energi.....	II - 1
2.1.1 Definisi dan Konsep Energi.....	II - 1
2.1.2 Bentuk – bentuk energi.....	II - 2



2.2	Ketel Uap (Boiler)	
2.2.1	Definisi Ketel Uap.....	II - 5
2.2.2	Klasifikasi Ketel Uap.....	II - 6
2.2.3	Komponen Utama Ketel Uap .....	II - 10
2.2.4	Proses Pembentukan Uap .....	II - 13
2.2.5	Sirkulasi Air pada Ketel Uap.....	II - 15
2.2.6	Bahan Bakar pada Ketel Uap.....	II - 16
2.2.6.1	Jenis Bahan Bakar pada Ketel Uap.....	II - 16
2.2.6.2	Nilai Kalor Bahan Bakar pada Ketel Uap.....	II - 17
2.2.7	Prinsip-prinsip Pembakaran .....	II - 19
2.3	Analisis Energi pada Ketel Uap.....	II - 23

### **BAB III DESKRIPSI ALAT**

3.1	Deskripsi Peralatan.....	III - 1
3.2.	Data – data Hasil Penelitian	
3.2.1	Data Spesifikasi Ketel Uap.....	III - 2
3.2.2	Data Spesifikasi Bahan Bakar.....	III - 3
3.2.3	Data Operasional Ketel Uap.....	III - 3
3.3	Gambar Konstruksi Ketel Uap.....	III - 4

### **BAB IV METODOLOGI PENELITIAN**

4.1	Ruang Lingkup dan Pembatasan.....	IV - 1
4.2	Sumber Data.....	IV - 1
4.3	Langkah-langkah Pengolahan Data.....	IV - 2



## **BAB V ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

5.1	Reaksi kimia proses oksidasi bahan bakar pada stoikhiometri	
5.1.1	Perhitungan jumlah uap air di dalam udara.....	V - 2
5.1.2	Kesetimbangan massa reaksi pembakaran.....	V - 3
5.2	Jumlah mol uap air di dalam udara basah.....	V - 4
5.3	Persentase (volume) dari komponen gas buang hasil pembakaran	
5.3.1	Total mol gas buang hasil pembakaran.....	V - 4
5.3.2	Persentase (by volume) basah.....	V - 4
5.3.3	Persentase (by volume) kering.....	V - 5
5.4	Jumlah udara yang diperlukan untuk pembakaran 1 lb bahan bakar (air/fuel ratio).....	V - 5
5.5	Jumlah gas asap yang dihasilkan.....	V - 6
5.6	Analisis Ketel Uap.....	V - 7
5.6.1	Pada kondisi disain .....	V - 8
5.6.1	Pada kondisi operasi.....	V - 8

## **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1	Kesimpulan .....	VI - 1
6.1	Saran .....	VI - 2

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
II.1. Ketel uap pipa air.....	II-7
II.2. Evaporator.....	II-10
II.3. Superheater.....	II-11
II.4. Ekonomiser.....	II-12
II.5. Grafik proses perubahan fasa air menjadi uap.....	II-14
II.6. Flow chart pembentukkan uap air pada ketel uap.....	II-14
II.7. Skema ketel uap secara sederhana.....	II-23
II.8. Analisa ketel uap dibagi berdasarkan tiga area.....	II-23
III.1. Konstruksi ketel uap.....	III-4
IV.1. Diagram alir perhitungan energi pada ketel uap.....	IV-2
V.1. Skema ketel uap pipa air.....	V-1
V.2. Skematik ketel uap.....	V-41
V.3. Diagram Sunkey untuk analisa energi pada ketel uap.....	V-41

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
II.1. Jenis - jenis bahan bakar.....	II-17
III.1. Komposisi bahan bakar.....	III-3
V.1. Nilai kalor spesifik beberapa gas.....	V-26
V.2. Hubungan kerugian kalor dengan efisiensi ketel uap.....	V-42
VI.1. Hasil perhitungan dari analisis energi pada performance ketel uap.....	VI-2



# **BABI**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Salah satu kebijakan pemerintah dalam bidang energi adalah konservasi energi yang telah dituangkan dalam KEPPRES No 41 Tahun 1991 dimana semua pengguna energi hendaknya melakukan konservasi. Konservasi energi merupakan salah satu langkah kebijakan energi yang perlu mendapat prioritas dalam upaya mengatasi masalah keterbatasan sumber daya energi dengan memanfaatkan energi secara lebih efisien. Dari segi kemudahan pelaksanaannya, dibanding dengan langkah-langkah yang lain, maka konservasi energi relatif memerlukan waktu yang lebih singkat dalam memperoleh hasil, dan memiliki nilai ekonomis dalam penghematan biaya energi, sehingga konservasi energi dipandang sangat bermanfaat.

Menurut U.S. Dept. of Energy, konservasi energi adalah penggunaan sumber-sumber energi secara efisien. Kebijakan konservasi bertujuan memelihara kelestarian sumber daya energi dimana penggunaannya harus secara bijaksana bagi tercapainya keseimbangan antara pembangunan, pemerataan dengan mempertimbangkan lingkungan hidup. Dengan semakin berkembangnya dunia industri saat ini, membuat kebutuhan pemakaian energi semakin meningkat, sedangkan sumber ketersediaan energi terbatas. Penggunaan yang tidak efektif pada kerja yang tersedia akan semakin cepat menghabiskan sumber-sumber energi ketika kita melakukan tugas yang



sama. Dalam usaha penghematan energi, cara kita menggunakan kerja yang tersedia dalam sumber-sumber energi adalah sebuah faktor yang sangat penting.

Pemanfaatan uap sebagai pembangkit tenaga listrik pada industri saat ini masih sangat mendominasi. Adapun pemanfaatan uap secara sederhana telah banyak digunakan dengan cara mendidihkan air sampai titik didih tertentu dan kemudian menghasilkan uap bertekanan yang dapat digunakan untuk berbagai kepentingan. Hal ini yang kemudian dikenal sebagai sistem pembangkit tenaga uap.

Pembangkit uap yang umumnya juga disebut ketel uap (Steam Boiler) adalah suatu alat yang digunakan untuk mengubah air menjadi uap dengan cara pemanasan, dimana sumber panasnya diambil dari hasil pembakaran bahan bakar pada ruang bakar dan panasnya dipindahkan kepada air melalui bidang – bidang pemanas sehingga pada tekanan dan temperature tertentu air akan berubah menjadi uap. Sehingga uap air yang keluar dari ketel mempunyai tekanan dan temperatur yang tinggi sesuai dengan perencanaan. Yang pada akhirnya uap air tersebut dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan mesin – mesin tenaga misalnya pada mesin uap, turbin uap. Juga dapat digunakan untuk pemanasan pada proses – proses lain.

Untuk menghasilkan uap tersebut diperlukan proses pembakaran dengan menggunakan bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan dapat berupa bahan bakar padat, cair atau gas. Dengan semakin mahalnya harga bahan bakar pada saat ini membuat dunia industri harus melakukan

---



pemanfaatan energi seefisien mungkin dengan tujuan mengurangi biaya produksi dan dampak pencemaran terhadap lingkungan.

Dalam tugas akhir ini, saya akan mengkaji tentang analisis energi pada performa ketel uap. Merupakan hal yang penting untuk menentukan kerugian dalam tiap proses jika kita ingin memperbaiki efisiensi sistem dengan hasil yang baik. Dengan informasi ini kita dapat mengetahui dimana usaha penghematan energi akan kita fokuskan. Melalui sebuah evaluasi dan kerja yang tersedia dari sistem dapat kita ketahui ukuran sebenarnya dari kerugian-kerugian (*losses*) dalam tiap proses sistem.

Analisis yang kita gunakan adalah analisis energi, yang berdasarkan hukum pertama termodinamika, yaitu energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan. Analisis ini berguna untuk menghitung kerugian yang terjadi dalam suatu proses. Faktor-faktor inilah yang dapat dijadikan dasar untuk disain dan analisis performa khususnya efisiensi ketel uap.

## 1.2 Perumusan Masalah

Mengatasi strategi efisiensi pada ketel uap ini, kita harus mengetahui lokasi dan besar dari kerugian pada tiap area. Berdasarkan analisis energi penulis melakukan perhitungan terhadap nilai energi masukan, kerugian energi pada tiap area, efisiensi energi sistemnya dan menggambarkan aliran energi tersebut kedalam diagram Sankey.

---



### 1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan Penulisan Tugas Akhir ini :

1. Mengetahui dan Menganalisis hubungan laju aliran massa uap dengan efisiensi pada ketel uap.
2. Menganalisis berapa besar kerugian – kerugian yang terjadi pada ketel uap dan lokasi dibagian mana yang banyak terjadi kerugian.
3. Mengevaluasi parameter-parameter yang mempengaruhi kinerja Ketel uap yang beroperasi diluar kondisi desain.
4. Menganalisis langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk konservasi energi dan untuk menaikkan efisiensi.

### 1.4 Sistematika Penulisan

Secara sistematis penulisan skripsi ini akan dirangkaikan dalam lima pokok bahasan yang meliputi :

**BAB I : Pendahuluan**

Membahas Latar Belakang, Perumusan Masalah, Tujuan, dan Sistematika Penulisan.

**BAB II : Tinjauan Pustaka**

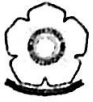
Membahas tentang landasan teori tentang energi dan juga teori – teori tentang analisis performa ketel uap.

**BAB III : Deskripsi Alat**

Membahas tentang alat yang akan dianalisis, data hasil penelitian.

---





---

**BAB IV : Metodologi Penelitian**

Membahas tentang asumsi dalam pengujian, ruang lingkup dan pembahasan, sumber data dan langkah – langkah perhitungan pada ketel uap.

**BAB V : Pengolahan Data dan Pembahasan**

Membahas tentang pengolahan data hasil percobaan berdasarkan persamaan dan teori yang berhubungan dengan ketel uap. Dari data tersebut ditentukan proses pembakarannya, perhitungan kerugian – kerugiannya dan besar efisiensi ketel uap tersebut. Hasil ini nantinya akan disajikan dalam format tabel dan diagram.

**BAB VI : Kesimpulan dan Saran**

Membahas tentang kesimpulan berdasarkan perhitungan dan pengolahan data pada bab-bab sebelumnya berkaitan dengan kerugian – kerugian yang terjadi pada ketel uap dan beberapa saran yang diperlukan untuk waktu yang akan datang.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Archi W. Chulp, Jr. 1991. *Prinsip – Prinsip Konversi Energi*. Edisi Ketiga. Penerbit Erlangga. Jakarta.
2. Babcock & Wilcox. 1992. *Steam Its Generation and Use*. Edisi Keempat belas. The babcock and Wilcox Company. Ohio USA.
3. Djokosetyardjo, Ir. M.J. 1989. *Ketel Uap*. Cetakan Kedua. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
4. Ganaphaty, V. *Steam Plant Calculation*. Marcel Dekker Inc.
5. Joel Weisman, Roy Eckart. 1985. *Modern Power Plant Engineering*. Prentice – Hall Inc./Englewood Cliffs. New Jersey.
6. Joseph, H. Kenenan. *Steam Tables*. A Willey – Interscience Publication.
7. Michael J. Moran dan Howard N. Shapiro. 1992. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. Edisi kedua. John Wiley & Sons, Inc. New York.
8. Muin, Syamsir A. 1988. *Pesawat – Pesawat Konversi Energi*. Rajawali Pers. Jakarta.
9. PK. NAG. 2002. *Power Plant Engineering*. Second Edition. Mc. Graw – Hill. Singapura.
10. Sipahutar. Msc, Dr. Ir. Riman. 2001. *Pembangkit Uap*. Universitas Sriwijaya. Palembang.
11. Yunus A. Cengel/Robert H. Tormet. *Fundamentals of Thermal – Fluids Sciences*.