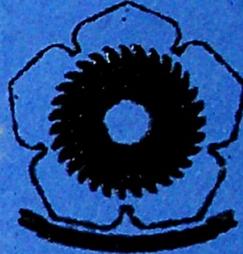


**ANALISA EFISIENSI KETEL UAP PIPA AIR DENGAN BAHAN BAKAR  
SERABUT DAN CANGKANG KELAPA SAWIT  
PADA PABRIK KELAPA SAWIT  
PT. GUNUNG SAWIT BINA LESTARI**



**SKRIPSI**

**Dibuat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

**Oleh :**

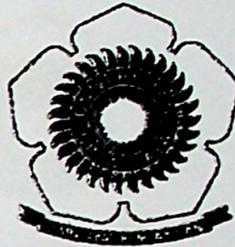
**YULIZAR  
03013150050**

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

S  
621.107  
Jul  
a  
2007

R 15586  
15948

**ANALISA EFISIENSI KETEL UAP PIPA AIR DENGAN BAHAN BAKAR  
SERABUT DAN CANGKANG KELAPA SAWIT  
PADA PABRIK KELAPA SAWIT  
PT. GUNUNG SAWIT BINA LESTARI**



**SKRIPSI**

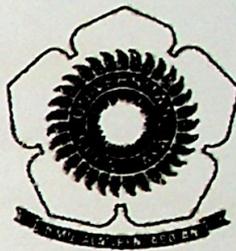
**Dibuat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

**Oleh :**

**YULIZAR  
03013150050**

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

**ANALISA EFISIENSI KETEL UAP PIPA AIR DENGAN BAHAN BAKAR  
SERABUT DAN CANGKANG KELAPA SAWIT  
PADA PABRIK KELAPA SAWIT  
PT. GUNUNG SAWIT BINA LESTARI**



**SKRIPSI**

**Dibuat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya.**

**Oleh :**

**YULIZAR  
03013150050**

**Di ketahui oleh**

**Ketua Jurusan Teknik Mesin,**



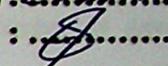
**Ir. Helmy alian, MT**

**NIP. 131 572 077**

**Diperiksa dan disetujui oleh  
Dosen Pembimbing,**

**Ellyanie, ST.MT  
NIP. 132 126 060**

UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN

AGENDA NO : 169/TA/2006  
DITERIMA TGL : 23 MARET 2007  
PARAF : 

### SKRIPSI

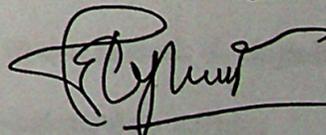
Nama : YULIZAR  
NIM : 03013150050  
Mata Kuliah : KONVERSI ENERGI / KETEL UAP  
Spesifikasi : ANALISA EFISIENSI KETEL UAP PIPA AIR  
DENGAN BAHAN BAKAR SERABUT  
DAN CANGKANG KELAPA SAWIT PADA  
PABRIK KELAPA SAWIT PT. GUNUNG SAWIT  
BINA LESTARI  
Diberikan Tanggal : Oktober 2006  
Selesai Tanggal : Februari 2007

Di ketahui oleh  
Ketua Jurusan Teknik Mesin,



Ir. Helmy Alian, MT  
NIP. 131 572 077

Diperiksa dan disetujui oleh  
Dosen Pembimbing,



Ellyanie, ST, MT  
NIP. 132 126 060

*Di balik kesukaran pasti ada kemudahan, sebab itu janganlah berputus asa, bila engkau telah selesai dari suatu pekerjaan garap pulalah pekerjaan berikutnya dengan tekun, pada Allah hendaknya kamu mengharapkan pahalanya.*

*(Q.S. Al Insyirah)*

**Kupersembahkan kepada :**

**Orang tuaku (Emak & Bapak)**

**Kakak-kakak dan adikku**

**Rekan-rekan SeBangka**

**almamaterku**

## ABSTRAK

Pabrik kelapa sawit PT.Gunung Sawit Bina Lestari (GSBL) adalah suatu industri yang memproduksi minyak kelapa sawit dengan memanfaatkan uap air untuk menunjang proses secara keseluruhan. Pabrik ini menggunakan ketel uap pipa air untuk menyuplai kebutuhan tenaga listrik dan operasional pabrik.

Pada tugas akhir ini dilakukan analisa terhadap efisiensi ketel uap pada pabrik kelapa sawit PT.GSBL baik pada kondisi desain maupun kondisi operasi. Ketel uap memanfaatkan campuran serabut dan cangkang kelapa sawit sebagai bahan bakar dengan skala perbandingan 75% serabut kelapa sawit dan 25 % cangkang kelapa sawit. Berdasarkan perhitungan secara teori didapat nilai pembakaran atas bahan bakar campuran (HHV) sebesar 18.404,845 (kJ/kg) dan nilai pembakaran bawah (LHV) sebesar 17.046,085 (kJ/kg)

Ketel uap didesain pada tekanan 25 (kg/cm<sup>2</sup>) dengan produksi uap sebesar 45.000 (kg/jam) sedangkan pada kondisi operasi ketel hanya bekerja pada tekanan sekitar 22 (kg/cm<sup>2</sup>) dan produksi uap yang dihasilkan berkisar antara 28.000-32.000 (kg/jam).

Berdasarkan data spesifikasi dan data operasi ketel uap didapat efisiensi ketel uap pada kondisi desain sebesar 82,62 % pada produksi uap 45.000 (kg/jam) dan efisiensi ketel uap pada kondisi operasi terbesar didapat sebesar 80,98% pada produksi uap 28.100 (kg/jam). Pada kondisi operasi diketahui ternyata kerugian kalor terbesar terjadi pada kerugian gas asap kering.

## KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah Penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena atas berkat, rahmat dan ridho-Nya Penulis dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka Tugas Akhir yang dibuat untuk memenuhi syarat mengikuti Seminar dan Sidang Sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Tugas akhir ini mengambil judul “ANALISA EFISIENSI KETEL UAP PIPA AIR DENGAN BAHAN BAKAR SERABUT DAN KELAPA SAWIT PADA PABRIK KELAPA SAWIT PT. GUNUNG SAWIT BINA LESTARI”.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Helmy Alian, MT, Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Ir.M.Zahri Kadir,MT,selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin
3. Ibu Ellyanie, ST. MT, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya dalam membimbing penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Staf Pengajar dan Administrasi pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Seluruh Staf dan karyawan pabrik kelapa sawit PT. Gunung Sawit Bina Lestari.
6. Kedua orang tua, kakak-kakakku dan adikku atas Do'a dan dukungannya (baik moril maupun materil)

7. Teman-teman seperjuangan di Serumpun Indah {agun, onek, edi (untuk komputer e), indra, wahid, asep (thank's printer e), dian, tresna, pupuy, totok, beri, tomi} dan teman-teman di bedeng 12 yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.
8. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Mesin Angkatan '01.
9. Semua pihak yang banyak membantu memberikan dorongan baik moril maupun materil dan semangat kepada penulis.

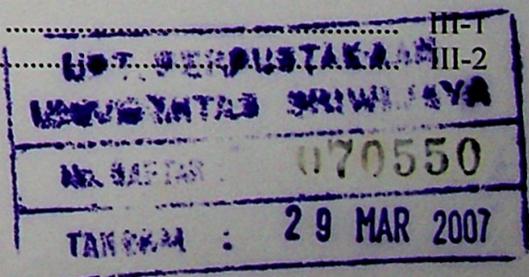
Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih banyak terdapat kekurangan dan kelemahan pada beberapa sisi tertentu. Untuk itu saran dan kritik yang membangun diharapkan demi peningkatan dan kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Palembang, Februari 2007

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
I.1 Latar Belakang .....	I-1
I.2 Pembatasan Masalah .....	I-2
I.3 Tujuan dan Manfaat Penulisan.....	I-2
I.4 Metode Penulisan .....	I-3
I.5 Sistematika Penulisan.....	I-4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
II.1 Pengertian Umum Ketel Uap .....	II-1
II.2 Proses Pembentukan Uap Pada Ketel Uap.....	II-1
II.3 Siklus Rankine.....	II-3
II.4 Pengklasifikasian Ketel Uap .....	II-4
II.5 Jenis Dan Nilai Kalor Bahan Bakar .....	II-7
II.6 Proses Pembakaran .....	II-10
II.7 Komponen Utama Ketel Uap Pipa Air.....	II-16
II.8 Sirkulasi Air Pada Ketel.....	II-17
II.9 Proses Pengolahan Air Pengisian Ketel Uap.....	II-18
II.10 Rumus-rumus Perhitungan Yang Digunakan.....	II-22
<b>BAB III. METODOLOGI PENGUJIAN</b>	
III.1 Prosedur Pengambilan Data .....	III-1
III.2 Data Spesifikasi Ketel Uap .....	III-2



III.3	Data Spesifikasi Bahan Bakar .....	III-3
-------	------------------------------------	-------

## **BAB IV. PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA**

IV.1	Perhitungan Nilai Kalor Bahan Bakar .....	IV-1
IV.2	Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar .....	IV-5
IV.3	Analisa Kebutuhan Udara .....	IV-6
IV.4	Perhitungan Kelembaban Spesifik Udara .....	IV-7
IV.5	Perhitungan Berat Gas Asap Hasil Pembakaran .....	IV-7
IV.6	Perhitungan Efisiensi Ketel Uap .....	IV-8
IV.6.1	Perhitungan Efisiensi Ketel Uap Pada Kondisi Desain .....	IV-8
IV.6.2	Perhitungan Kerugian-kerugian Kalor .....	IV-11
IV.6.3	Perhitungan Efisiensi Ketel Uap Pada Kondisi Operasi .....	IV-18
IV.6.4	Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar .....	IV- 19
IV.7	Hasil .....	IV-24
IV.8	Pembahasan .....	IV-25
IV.8.1	Pengaruh Laju Aliran Massa Uap Terhadap Bahan Bakar .....	IV-25
IV.8.2	Pengaruh Laju Aliran Massa Uap Terhadap Kerugian Kalor .....	IV-26
IV.8.3	Pengaruh Laju Aliran Massa Uap Terhadap Efisiensi Ketel Uap .....	IV-27

## **BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

V.1	Kesimpulan .....	V-1
V.2.	Saran .....	V-2

**DAFTAR PUSTAKA** .....

**LAMPIRAN** .....

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>GAMBAR</b>	
II.1 Diagram T-S Pembentukan uap air .....	II-2
II.2 Diagram Aliran Untuk Instalasi Pembangkit Uap Sederhana ....	II-3
II.3 Diagram T-S Siklus Rankine Ideal.....	II-4
IV.1 Grafik Laju Aliran Massa Uap vs Konsumsi Bahan Bakar.....	IV-25
IV.2 Grafik Laju Aliran Massa Uap vs Kerugian Kalor Total .....	IV-26
IV.3 Grafik Laju Aliran Massa Uap vs Efisiensi.....	IV-27
IV.3 Kerugian Kalor Pada Laju Aliran Massa Uap 21.100 kg/jam.....	IV-28
IV.4 Kerugian Kalor Pada Laju Aliran Massa Uap 22.100 kg/jam.....	IV-29
IV.5 Efisiensi Kalor Uap Pada Kondisi Operasi .....	IV-30
IV.6 Efisiensi Energi Uap Pada Kondisi Operasi .....	IV-31

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>TABEL</b>	
II.1 Jenis-jenis Bahan Bakar .....	II-8
III.1 Data Hasil Pengujian Ketel .....	III-2
III.2 Komposisi Kimia Serabut Dan Cangkang Kelapa Sawit .....	III-3
III.3 Kesenjangan Massa Tandan Buah Segar (TBS) .....	III-3
IV.1 Kerugian Kalor Pada Laju Aliran Massa Uap 29.100kg/jam .....	IV-14
IV.2 Kerugian Kalor Pada Laju Aliran Massa Uap 30.300 kg/jam .....	IV-15
IV.3 Kerugian Kalor Pada Laju Aliran Massa Uap 31.200 kg/jam .....	IV-16
IV.4 Kerugian Kalor Pada Laju Aliran Massa Uap 32.100 kg/jam .....	IV-17
IV.5 Efisiensi Ketel Uap Pada Kondisi Desain .....	IV-24
IV.6 Efisiensi Ketel Uap Pada Kondisi Operasi .....	IV-24

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. <i>Properties of saturated water (temperature table)</i> .....	L-1
Lampiran 2. <i>Properties of saturated water (pressure table)</i> .....	L-2
Lampiran 3. <i>Properties of Superheated water-vapor)</i> .....	L-3
Lampiran 4. Tabel panas spesifik beberapa gas ideal .....	L-4
Lampiran 5. Tabel Persentase kerugian radiasi.....	L-5



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### I.1 Latar Belakang

Dewasa ini uap air banyak digunakan untuk berbagai keperluan industri. Penggunaannya dapat meliputi berbagai bentuk yaitu sebagai sumber daya, pemanas, dan proses industri lainnya. Untuk menghasilkan uap air digunakan suatu alat yang mampu mentransfer energi panas dari hasil pembakaran bahan bakar yang akan digunakan langsung untuk memanaskan air hingga berubah fasenya menjadi uap. Ketel Uap atau *Boiler* adalah alat dimana uap diproduksi dengan penggunaan secara langsung kalor yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar padat, cair, gas, kalor energi listrik, ataupun energi nuklir.

Ketel uap untuk keperluan industri dirancang untuk berbagai jenis bahan bakar, kebutuhan dan kegunaan dari uap yang dihasilkannya. Ketel uap pipa air pada pabrik kelapa sawit PT. Gunung Sawit Bina Lestari menggunakan bahan bakar serabut dan cangkang kelapa sawit. Dan ternyata serabut dan cangkang kelapa sawit memiliki nilai kalor yang cukup tinggi untuk dijadikan sebagai bahan bakar pada ketel uap, sehingga dapat menurunkan biaya produksi karena tidak memerlukan biaya lagi untuk kebutuhan bahan bakar.

Mengingat tidak adanya jumlah yang pasti seberapa banyak pemakaian bahan bakar untuk berbagai produksi uap dalam setiap jamnya,



maka dilakukan analisa secara teoritis dengan metode perhitungan efisiensi ketel uap untuk mendapatkan jumlah konsumsi bahan bakar perjam

Untuk itu pada penelitian ini diambil judul “**Analisa Efisiensi Ketel Uap Pipa Air Dengan Bahan Bakar Serabut Dan Cangkang Kelapa Sawit Pada Pabrik Kelapa Sawit PT. Gunung Sawit Bina Lestari**”.

## **I.2 Pembatasan Masalah**

Dalam penulisan skripsi ini, hal yang akan dibahas lebih ditekankan mengenai ketel uap pipa air VICKERS WATER TUBE BOILER di pabrik kelapa sawit PT.GUNUNG SAWIT BINA LESTARI, Bangka terutama pada hal-hal yang berhubungan dengan efisiensi dari ketel tersebut.

Perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Nilai kalor bahan bakar.
2. Berat gas asap hasil pembakaran.
3. Efisiensi ketel uap.
4. Konsumsi bahan bakar.

## **I.3 Tujuan dan Manfaat Penulisan**

Tujuan penulisan :

1. Mengetahui nilai kalor bahan bakar .
2. Mengetahui efesiensi ketel uap pada berbagai variasi kapasitas uap pada kondisi operasinya.



3. Mengetahui pemakaian konsumsi bahan bakar perjam dengan berbagai variasi kapasitas uap.

Manfaat penulisan :

1. Dapat membandingkan kinerja suatu ketel uap pada beberapa variasi kapasitas uap.
2. Dapat mengetahui prinsip kerja ketel uap secara umum.
3. Dapat mengetahui keadaan operasi ketel uap yang sebenarnya di lapangan.

#### **I.4 Metode Penulisan**

Metode yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah :

1. Metode Observasi, yaitu dengan melihat langsung ke lokasi khususnya mengenai ketel uap untuk menghasilkan uap pada PT.GUNUNG SAWIT BINA LESTARI.
2. Metode pengumpulan data, yaitu dengan mengambil langsung ke lapangan di PT.GUNUNG SAWIT BINA LESTARI.
3. Studi literatur, yaitu berupa studi kepustakaan, kajian dari buku-buku dan tulisan-tulisan yang terkait.
4. Diskusi, yaitu berupa tanya jawab dengan dosen pembimbing mengenai masalah-masalah yang timbul selama penulisan berlangsung.
5. Studi analisa, yaitu menganalisa data-data yang diperoleh dan membandingkan dengan perhitungan eksak.



## I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini dibagi dalam beberapa bab yaitu :

### 1. BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai latar belakang penulisan, tujuan dan manfaat, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

### 2. BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan mengenai pengertian umum ketel uap, proses pembentukan uap pada ketel uap, pengklasifikasian ketel uap, jenis dan nilai kalor bahan bakar, proses pembakaran, komponen utama ketel uap, sirkulasi air pada ketel uap, proses pengolahan air isian pada ketel uap, serta rumus-rumus perhitungan yang digunakan.

### 3. BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini akan dijelaskan tentang data-data survey spesifikasi ketel uap dan bahan bakarnya.

### 4. BAB IV. PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

Dalam bab ini akan dijelaskan tentang perhitungan nilai kalor bahan bakar, kebutuhan bahan bakar, analisa kebutuhan udara, kelembaban spesifik udara, perhitungan berat gas asap hasil pembakaran, kerugian-kerugian kalor, konsumsi bahan bakar dan efisiensi ketel uap pada kondisi desain dan kondisi operasi.



## 5. BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan akhir dari penulisan skripsi, yang berisi kesimpulan berdasarkan hasil perhitungan dan analisa serta saran-saran yang dapat dilaksanakan terhadap ketel uap tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Muin S.A,Ir, "Pesawat-Pesawat Konversi Energi I ( Ketel Uap )",Cetakan Pertama Rajawali Pers,Jakarta,1988
2. Archie.W.Chulp,Jr , "Prinsip-Prinsip Konversi Energi" ,Erlangga, Jakarta,1992
3. Sipahutar.R,Dr,Ir,M.Sc, "Buku Ajar Pembangkit Uap" ,Jurusan Teknik Mesin,UNSRI,Indralaya,2001.
4. V.Ganapathy, "Steam Plant Calculation Manual" ,Marcel Dekker Inc,1904.
5. Michael J. Moran, "Fundamentals Of Engineering Thermodynamics",Second Edition,McGraw-Hill Book Company,New York,1986.
6. Kam W.Li and A.Paul Priddy, "Steam Plant System Design",John Wiley and Sons Inc.,1985.
7. Babcock & Wilcox, "Steam/ Its Generator and Use" ,Babcock Wilcox Company, USA 1978.
8. J.P Holman, "*Perpindahan Kalor*", Edisi Keenam, Erlangga, Jakarta, 1994.