

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN KETEL UAP PIPA AIR SEBAGAI PENGGERAK TURBIN DENGAN KAPASITAS UAP HASIL 40TON/JAM, TEKANAN KERJA 17 ATM DAN SUHU UAP 350°C



Tugas Akhir ini disusun
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat sarjana S1
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun:

FERRY FAJAR NUGROHO
N I M : D 200 060 040

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
APRIL 2012

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

Perencanaan Ketel Uap Pipa Air Sebagai Penggerak Turbin Dengan Kapasitas Uap Hasil 40 Ton/Jam, Tekanan Kerja 17 Atm, dan Suhu Uap 350°C

yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, Maret 2012

Yang menyatakan



Ferry Fajar Nugroho

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul " Perencanaan Ketel Uap Pipa Air Sebagai Penggerak Turbin Dengan Kapasitas Uap Hasil 40 Ton/Jam, Tekanan Kerja 17 Atm, dan Suhu Uap 350°C", telah disetujui oleh pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **FERRY FAJAR NUGROHO**

Nim : **D200 060 040**

Disetujui pada

Hari :


Tanggal :

Pembimbing Utama



Ir. Sunardi Wiyono, MT

Pembimbing Pendamping



Ir. Tri Tjahjono, MT

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul berjudul "Perencanaan Ketel Uap Pipa Air Sebagai Penggerak Turbin Dengan Kapasitas Uap Hasil 40 Ton/Jam, Tekanan Kerja 17 Atm, dan Suhu Uap 350°C", telah dipertahankan di hadapan tim penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **FERRY FAJAR NUGROHO**
Nim : **D200 060 040**

Disetujui pada

Hari :
Tanggal :

Tim penguji :

Ketua : Ir. Sunardi Wiyono, MT (.....)

Anggota I : Ir. Tri Tjahjono, MT (.....)

Anggota II : Amin Sulistyanto, ST (.....)



Dekan

Agus Riyanto, S.R, MT

Ketua Jurusan,

Ir. Sartono Putro, MT

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Berdasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Nomor 02154/A.3-II/TM/TA/XII/2010..... Tanggal23 Desember 2010.
dengan ini :

Nama : Ir.Sunardi Wiyono, MT
Pangkat/Jabatan : Lektor
Kedudukan : Pembimbing Utama / Pembimbing Kedua *)
memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa : XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Nama : Ferry Fajar Nugroho
Nomor Induk : D 200 060 040
NIRM : -
Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir
Judul/Topik : RENCANAKAN KETEL UAP PIPA AIR SEBAGAI PENGGERAK TURBIN. KAPASITAS
Rincian Soal/Tugas : KETEL 40 TON/JAM, TEKANAN 17ATM DAN SUHU UAP 350°C

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 23.Desember.2010.....

Pembimbing



Ir. Sunardi Wiyono, MT

Cc. : Ir. Tri Tjahjono, MT
Lektor Kepala

Keterangan :

*) Coret salah satu

1. Warna biru untuk Kajur
2. Warna kuning untuk Pembimbing I
3. Warna merah untuk Pembimbing II
4. Warna putih untuk mahasiswa

MOTTO

Ibu adalah segala – galanya

Dialah pelipur duka kita, harapan kita kala sengsara, dan kekuatan

kita disaat tak berdaya

Dialah sumber cinta, kasih, kecenderungan dan ampunan

(Khalil Gibran)

” Jadikan sabar dan sholat itu sebagai penolongmu.

Dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat,

kecuali orang – orang yang khusyu”.

(Q.S Al Baqarah : 45)

“ Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib kaum,

sehingga kaum itu mau mengubah keadaan yang ada

pada diri mereka sendiri”

(Q.S Ar Ra'd : 11)

Suatu pekerjaan yang berat akan nampak selalu berat jika kita

hanya mendesah, berdiri dan segera lakukan sedikit demi sedikit maka

kamu akan merasa betapa mudah pekerjaan itu.

ABSTRAKSI

Ketel uap adalah suatu pesawat energi yang digunakan untuk mengubah air menjadi uap air pada kapasitas dan tekanan tertentu, salah satu jenis ketel uap yang dipakai untuk kebutuhan industri adalah ketel uap pipa air.

Ketel uap pipa air merupakan pengembangan ketel uap yang dimana didalam pipa air mengalir fluida yang berupa air, sedangkan gas pemanasnya dari hasil pembakaran dari ruang bakar mengitari diluar pipa – pipa air tersebut. Pada ketel uap pipa air ada sebuah alat bantu yang sangat berperan yaitu ekonomiser dan superheater. Dimana ekonomiser digunakan untuk memanasi air isian ketel sebelum masuk ketel, adapun fungsinya memanaskan air isian ketel sampai mendekati titik didih ketel, sehingga kerugian kalor dalam ketel berkurang, maka efisiensi ketel akan meningkat dan menghemat pemakaian bahan bakar. Sedangkan superheater merupakan alat untuk memanaskan uap kenyang menjadi uap yang dipanaskan lanjut. Untuk meningkatkan kapasitas uap diperlukan adanya perlakuan pada air isian ketel terhadap air isian ketel agar dapat menjaga kualitas air bebas dari kotoran dan endapan yang dapat mengakibatkan kerak pada pipa – pipa dan tangki. Bahan bakar yang digunakan adalah ampas tebu yang terdapat disekitar pabrik gula.

Dalam perencanaan ini didapatkan kesimpulan menurut analisis perhitungan yaitu, kualitas air isian yang kotor mengakibatkan perpindahan panas pada ketel uap menjadi terhambat, karena diakibatkan bertambah tebalnya dinding pipa dari endapan lumpur. Nilai kalor pembakaran yang dihasilkan oleh ampas tebu adalah sebesar 5.152 BTU/lb bb. efisiensi ketel uap yang direncanakan yaitu 82,2 %

Kata Kunci : Ketel uap , ampas tebu, air isian

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini kupersembahkan kepada :

- Bapak dan ibu tercinta, yang Telah melahirkan, membesarkan, dan mendidikku hingga sampai sekarang ini. Engkau adalah segala-galanya bagiku, dan maaf bila sampai sekarang ini belum bisa membalas budi baikmu.

- Saudara-saudara kandungku yang tak henti-hentinya mendorongku, memotifasiku, dan mendoakanku hingga sampai saat ini.

- Teman-teman kelompok tugas akhir, terima kasih bantuan tenaga, pikiran, dan fasilitas.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum. Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya sehingga penyusun laporan penelitian ini dapat terselesaikan.

Tugas Akhir berjudul " Perencanaan Ketel Uap Pipa Air Sebagai Penggerak Turbin Dengan Kapasitas Uap Hasil 40 Ton/Jam, Tekanan Kerja 17 Atm, dan Temperatur 350°C", dapat terselesaikan atas dukungan dari pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis dengan segala ketulusan dan keikhlasan hati ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada.

1. Ayah dan Ibu tercinta yang telah banyak memberikan dorongan baik moral, material dan do'a. Semoga ini menjadi awal langkah sukses ananda.
2. Ir. Agus Riyanto. S.R, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Ir. Sartono Putro, MT, selaku Ketua Jurusan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Ir. Sunardi Wiyono, MT, selaku Dosen pembimbing utama yang telah banyak memberikan ilmu dan arahan serta bimbingannya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Ir. Tri Tjahjono, MT, selaku Dosen Pembimbing pendamping terima kasih atas waktu, pengarahan, saran, dan dorongan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Seluruh Dosen Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, terima kasih untuk ilmu yang telah diajarkan selama berada dibangku kuliah.
7. Adikku tercinta yang telah memberikan dukunganya demi terselesaikannya tugas akhir ini.
8. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2006 dan semua rekan yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu yang telah membantu informasi – informasi tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca akan penulis terima dengan senang hati.

Wasalammu'alaikum,Wr.Wb

Surakarta, Maret 2012



Ferry Fajar Nugroho

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR	v
HALAMAN MOTTO	vi
ABSTRAKSI	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR SIMBOL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Pembatasan Masalah	2
1.3. Tujuan Penulisan	2
1.4. Metode Perencanaan.....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	3

BAB II	TEORI DASAR	6
2.1.	Pengertian Umum Ketel Uap	6
2.2.	Klasifikasi Ketel Uap	8
2.3.	Prinsip Dasar Ketel Uap Pipa Air	10
2.4.	Pemilihan Jenis Ketel.....	11
2.5.	Jenis – Jenis dan Gambar Ketel Uap.....	12
2.5.1.	Ketel Uap Lorong Api	12
2.5.2.	Ketel Uap Pipa Api	12
2.6.	Siklus Rankine	14
2.7.	Perpindahan Kalor Pada Ketel Uap	15
2.7.1.	Perpindahan Kalor Secara Radiasi	15
2.7.2.	Perpindahan Kalor Secara Konveksi	16
2.7.3.	Perpindahan Kalor Secara Konduksi	18
BAB III	AIR ISIAN KETEL	20
3.1.	Perlakuan Terhadap Air Isian Ketel	21
3.1.1.	Pencegahan Pembentukan kerak dan Lumpur ...	21
3.1.1.1.	<i>Eksternal Water Treatment</i>	21
3.1.1.2.	<i>Internal Water Treatment</i>	22
3.1.2.	Pencegahan Terhadap Korosi	23
3.1.3.	Pencegahan Terhadap Buih	23
3.2.	Spesifikasi Air Isian Ketel	24
BAB IV	BAHAN BAKAR DAN PROSES PEMBAKARAN	26
4.1.	Bahan Bakar	26
4.4.1.	Bahan Bakar Ampas Tebu	27
4.2.	Proses Pembakaran	28
4.3.	Nilai Kalor Pembakaran Bahan Bakar	29
4.4.1.	Kebutuhan Bahan Bakar	30
4.4.	Analisis Pembakaran bahan bakar	32

4.5. Kebutuhan Udara Pembakaran	33
4.6. Kapasitas Gas Asap Hasil Pembakaran	36
4.7. Temperatur Pembakaran	38
BAB V KONTRUKSI KETEL	40
5.1. Ruang Bakar.....	41
5.1.1. Perhitungan Panas Lewat Dinding Ketel.....	41
5.2. Bidang Pemanas/Pipa – Pipa Didih	49
5.2.1. Perhitungan Luas Bidang Pemanas Pada Pipa Didih No.1 Sampai Dengan No. 17.....	49
5.2.1.1. Perhitungan Konduktifitas	50
5.2.1.2. Kerugian tekanan gas asap	54
5.2.2. Perhitungan Luas Bidang Pemanas Pada Pipa Didih No.18 Sampai Dengan No. 34.....	55
5.2.2.1. Perhitungan Konduktifitas	57
5.2.2.2. Kerugian tekanan gas asap	61
5.2.3. Perhitungan Luas Bidang Pemanas Pada Boiler Bank Tube 1	62
5.2.3.1. Perhitungan Konduktifitas	64
5.2.3.2. Kerugian Tekanan Gas Asap	67
5.2.4. Perhitungan Luas Bidang Pemanas Pada Boiler Bank Tube 2	68
5.2.4.1. Perhitungan Konduktifitas	70
5.2.4.2. Kerugian Tekanan Gas Asap	74
5.2.5. Perhitungan Luas Bidang Pemanas Pada Pipa Didih No.35 Sampai Dengan No. 51.....	75
5.2.5.1. Perhitungan Konduktifitas	77
5.2.5.2. Kerugian Tekanan Gas Asap	81
5.2.6. Perhitungan Luas Bidang Pemanas Pada Pipa Didih No.52 Sampai Dengan No. 68.....	82
5.2.6.1. Perhitungan Konduktifitas	83

5.2.6.2. Kerugian Tekanan Gas Asap	86
5.2.7. Superheater.....	87
5.2.7.1. Perencanaan Pipa – Pipa Superheater Konveksi Arus Searah.....	89
5.2.7.2. Perhitungan Konduktifitas	92
5.2.7.3. Kerugian Tekanan Gas Asap	96
5.2.8. Ekonomiser	97
5.2.8.1. Perencanaan Pipa – Pipa Ekonomiser Konveksi Arus Berlawanan.....	98
5.2.8.2. Perhitungan Konduktifitas	101
5.2.8.3. Kerugian Tekanan Gas Asap	105
5.2.9. Pemeriksaan Pipa – Pipa Didih, Superheater, Dan Ekonomiser	106
5.2.9.1. Pemeriksaan Pipa – pipa didih	106
5.2.9.2. Pemeriksaan Superheater	107
5.2.9.3. Pemeriksaan Ekonomiser	108
5.3. Drum Ketel.....	110
5.3.1. Perhitungan Pada Drum Uap (<i>Steam Drum</i>).....	110
5.3.2. Perhitungan Pada Drum Air (<i>Water Drum</i>).....	116
5.4. Perencanaan Cerobong.....	121
5.4.1. Perencanaan Cerobong	122
5.4.2. Tarik Cerobong	124
5.4.3. Kerugian Tekanan Gas Asap Lewat Cerobong...	125
5.5. Kontruksi Pengelasan.....	126
5.6. Penyangga Ketel	128
BAB VI EFISIENSI KETEL.....	130
6.1. Perhitungan Efisiensi Ketel	130
6.2. Perhitungan Keseimbangan.....	137

BAB VII PERLENGKAPAN DAN ALAT BANTU	141
7.1. Pompa Air Isian Ketel	141
7.2. <i>Man Hole Dan Hard Hole</i>	143
7.3. Katup Pengaman	144
7.4. <i>Manometer</i>	144
7.5. Gelas Penduga	145
7.6. Katup Penutup Induk Uap.....	146
7.7. Peluit Pengaman	146
7.8. Katup Buang (<i>Blow Down Valve</i>).....	147
7.9. <i>blower</i>	148
7.10. <i>Thermometer</i>	148
BAB VIII PENUTUP	149
8.1. Kesimpulan	149
8.2. Data Hasil Perhitungan.....	150
8.3. Saran	154
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN – LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Ketel Uap Pipa Air	11
Gambar 2.2. Ketel Uap Lorong Api	12
Gambar 2.3. Ketel Uap Pipa Air	13
Gambar 2.4. Skema Siklus Rankine.....	14
Gambar 2.5. Diagram T-s dan h-s.....	14
Gambar 2.6. Perpindahan Kalor Secara Radiasi.....	16
Gambar 2.7. Perpindahan Kalor Secara Konveksi	16
Gambar 2.8. Perpindahan Kalor Secara Konduksi.....	19
Gambar 5.1. Perpindahan Panas Pada Ketel	45
Gambar 5.2. Sketsa Superheater Arus Searah.....	89
Gambar 5.3. Diagram Superheater Arus Searah	89
Gambar 5.4. Sketsa Ekonomiser Arus Berlawanan	98
Gambar 5.5. Diagram Ekonomiser Arus Berlawanan.....	98
Gambar 5.6. Sambungan Las dan Drum	127
Gambar 5.7. Sambungan Las antara pipa didih dengan Dinding Ketel	127
Gambar 5.8. Konstruksi Penyangga Ketel	128
Gambar 7.1. Katup Pengaman dengan Pegas Langsung	144
Gambar 7.2. Manometer.....	145
Gambar 7.3. Gelas Penduga.....	145
Gambar 7.4. peluit Pengamanan	147
Gambar 7.5. Blow Down Valve	147

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Tabel kadar zat terlarut yang diperbolehkan	21
Tabel 4.1. Tabel komposisi bahan bakar	27
Tabel 4.2. Tabel berat atom dan molekul.....	28
Tabel 4.3. Tabel Prosentase oksigen dan nitrogen dalam udara	29

DAFTAR SIMBOL

Simbol

Q	= kalor yang dipindahkan	[Btu/hr]
k	= koefisien panas konduksi	[Btu/ft hr ⁰ F]
A	= luas permukaan	[ft ²]
T	= temperatur	[⁰ F]
Δx	= tebal dinding	[ft]
r	= radius	[ft]
L	= panjang silinder	[ft]
U	= konduktansi panas	[Btu/ft ² hr ⁰ F]
π	= 3,14	
Re	= angka Reynolds	
ν	= viscositas kinematik	[ℓ bm/ft hr]
μ	= koefisien kontak bidang	[ℓ b/ft s]
ρ	= rapat massa fluida	[ℓ b/ft ²]
Nu	= angka Nusselt	
Pr	= angka Prandtl	
h	= koefisien konveksi kalor	[Btu/ft ² hr ⁰ F]
hf	= entalpi air isian	[Btu/ ℓ b]
hg	= entalpi uap jenuh	[Btu/ ℓ b]
σ	= konstanta Stepan Boltzmann	[Btu/ft ² hr ⁰ F]
H	= heat	[Btu/hr]
η	= efisiensi	
p	= tekanan	[psi]
V	= volume	[ft ³]
D, d	= diameter	[ft]
ΔPf	= kerugian tekanan	[in gas]