

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN KETEL UAP PIPA API



Tugas Akhir
Diajukan Guna Memenuhi dan Melengkapi Gelar Sarjana Strata Satu
Pada Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh :
WAHYU ARDHI BANDONO
NIM : D200 000 149
NIRM : 00 106 03030 50149

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2006

HALAMAN PERSETUJUAN

Disetujui untuk dipertahankan dihadapkan Dosen Penguji Tugas Akhir
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
pada :

Hari :

Tanggal :

Mengetahui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

(Ir. Sunardi Wiyono, MT.)

(Ir. H Sarjito, MT.)

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Disusun oleh :

Nama : Wahyu Ardhi Bandono

NIM : D 200 000 149

Dewan Penguji :

Penguji I : Ir. Sunardi Wiyono, MT. (.....)

Penguji II : Ir. H. Sarjito, MT (.....)

Penguji III : Nurmuntaha A.N, ST (.....)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Ketua Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Surakarta

(Ir. H. Sri Widodo, MT.)

(Marwan Effendy, ST, MT.)

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

Berdasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Nomor 1526 / A 3-II / FT / TA / III / 2005 Tanggal 29 Maret 2005
dengan ini :

Nama : Ir. Sunardi Wiyono, MT.
Pangkat/Jabatan : Penata Muda Tingkat I / Assisten Ahli
Kedudukan : Pembimbing Utama / XXXXXXXXXXXXX

Memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa :

Nama : WAHYU ARDHI BANDONO
Nomor Induk : D 200 000 149
NIRM : 00 106 03030 50149
Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir
Judul/Topik : PERENCANAAN KETEL UAP PIPA API
Rincian Soal/Tugas :

Rencanakan Ketel Uap Pipa Api yang ada di PG.
Tasikmadu dengan kapasitas 12 ton/jam, Bahan Bakar
Ampas Tebu.

Analisa kebutuhan Bahan Bakar bila Bahan baker Solar.
Bandingkan dengan bahan baker ampas tebu.

Gambar Detail dengan Sistem ISO.

Demikian soal Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana
mestinya.

Surakarta, 08 April 2005

Pembimbing

Ir. Sunardi Wiyono, MT.

Co. : Ir. H. Sarjito, MT.

Penata / Lektor

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

- ❖ *Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri . (QS. Ar ra'd : 11)*
- ❖ *Barang siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu maka Allah memudahkannya jalan ke surga. Sesungguhnya malaikat itu meletakkan sayapnya kepada orang yang menuntut ilmu karena ridha dengan apa yang diperbuatnya. Keutamaan orang yang berilmu dengan orang yang tidak berilmu adalah seperti bulan atas seluruh bintang. Sesungguhnya para nabi itu tidak mewariskan dinar atau dirham, namun mereka mewariskan ilmu, barang siapa mengambilnya maka ia mengambil bagian yang banyak,sekali. (H.R. Abu Dawud dan At Tirmidzi)*
- ❖ *Sesungguhnya Dia (Allah) maha mengetahui segala isi hati . (QS. Fa athir : 38)*

Kupersembahkan dengan segenap hati untuk :

- *Bapak dan Ibu yang telah memberikan Doa serta bantuan moril maupun materil untukku, sebagai wujud kasih sayang.*
- *Keluarga Besaraku*
- *Untuk seseorang yang selalu ada dihatiku, terima kasih atas, dukungan dan semangatnya.*

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan kesarjanaan stara satu pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Dengan Tugas Akhir ini segala pengetahuan yang diperoleh selama pendidikan diharapkan dapat memberikan dasar yang lebih kuat dalam mengungkapkan gagasan dan membahas serta memecahkan persoalan-persoalan yang timbul.

Selama menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis mendapatkan bimbingan, bantuan, nasehat, saran dan kerjasama dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Sri Widodo, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Marwan Effendy, ST, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Ir. Sunardi Wiyono, MT. selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan dengan sabar serta masukan – masukannya yang sangat berguna.
4. Bapak Ir. H. Sarjito, MT. selaku Pembimbing Pendamping yang telah memberikan bimbingan dengan sabar.

5. Bapak dan Ibu yang telah banyak memberikan doa, dorongan serta semangat baik secara moril maupun materiil. Maafkan atas kekhilafan selama ini. Semoga selalu dalam lindungan Allah SWT.
6. Keluarga Bapak Sukamto yang telah memberikan fasilitas serta semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga Allah SWT melonggarkan rejekinya.
7. Keluarga Bapak Supardi, dik Yanu, Nina dan Ardha. Terima kasih atas perhatian dan pengertiannya.
8. Seluruh Staff dan Karyawan PG. Tasikmadu Karanganyar atas kerjasamanya.
9. Seluruh teman – teman Teknik Mesin Khususnya Angkatan TM '00, terima kasih atas saran, masukan dan kerjasamanya. Semoga Allah dapat mempertemukan kita kembali.
10. Dan semua pihak yang telah membantu, mendukung dan kerjasamanya. Semoga mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT.

Dengan segala ketulusan dan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih atas bantuannya, sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari adanya kekurangan dan keterbatasan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun penulis harapkan. Akhirnya penulis berharap semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi para pembaca.

Surakarta, Oktober 2006

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN LEMBAR SOAL	iv
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL DAN GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Masalah	1
I.2. Pembatasan Masalah	1
I.3. Tujuan Penulisan	2
I.4. Metode Perencanaan	2
I.5. Pengetahuan Mengenai Ketel Uap	3
I.5.1. Pengertian Ketel Uap	3
I.5.2. Klasifikasi Ketel Uap	4
I.5.3. Ketel Uap Lorong Api	4
I.5.4. Ketel Uap Pipa Api	9
I.5.5. Ketel Uap Pipa Air	10
I.6. Termodinamika	12

	I.7. Siklus Dasar Pembentukan Uap	13
	I.8. Sistematika Penulisan	15
BAB II	AIR ISIAN KETEL UAP	16
	II.1. Pencegahan Terhadap Pembentukan Kerak dan Lumpur...	17
	II.1.1. <i>External Water Treatment</i>	19
	II.1.2. <i>Internal Water Treatment</i>	20
	II.2. Pencegahan Terhadap Pembuihan	21
	II.3. Pencegahan Terhadap Korosi	21
	II.4. Spesifikasi Air Isian Ketel Uap	22
BAB III	PEMBAKARAN	23
	III.1. Bahan bakar	24
	III.2. Reaksi Pembakaran	25
	III.3. Kebutuhan Bahan Bakar	27
	III.4. Kebutuhan Udara Pembakaran	28
	III.5. Kapasitas Gas Asap Hasil Pembakaran	29
	III.6. Temperatur Pembakaran	31
BAB IV	SILINDER API DAN PIPA API	35
	IV.1. Perhitungan Silinder Api	36
	IV.2. Perhitungan Pipa Api	46
BAB V	DRUM KETEL UAP	56
	V.1. Drum Ketel Uap	56
	V.2. Perhitungan Drum Ketel	56
	V.3. Perhitungan Tebal Drum Ketel	60

	V.4. Perhitungan Tube Plate	62
	V.5. Lemari Api	63
	V.6. Lemari Asap	64
BAB VI	BATANG TUNJANG DAN PIPA TUNJANG	65
	VI.1. Perencanaan Batang Tunjang	65
	VI.2. Pipa Tunjang	68
	VI.2.1. Tinjauan Daerah Luasan I	68
	VI.2.2. Tinjauan Daerah Luasan II	70
	VI.2.3. Tinjauan Daerah Luasan III	72
	VI.3. Ruang Bakar	74
	VI.3.1. Perhitungan Ruang Bakar	75
BAB VII	SUPERHEATER DAN EKONOMISER	80
	VII.1. Superheater	80
	VII.1.1. Superheater Konveksi Arus Searah	80
	VII.1.2. Superheater Konveksi Arus Berlawanan	81
	VII.1.3. Superheater Konveksi Arus Kombinasi	82
	VII.1.4. Perhitungan Luas Superheater	85
	VII.1.5. Perpindahan Panas Pada Superheater	87
	VII.1.6. Kerugian Gas Asap Melalui Superheater	94
	VII.1.7. Pengecekan Tebal Pipa Superheater	95
	VII.1.8. Kerugian Panas Lewat Dinding Saluran Tempat Superheater	96

	VII.2 Ekonomiser	100
	VII.2.1. Ekonomiser Arus Searah	100
	VII.2.2. Ekonomiser Arus Berlawanan	102
	VII.2.3. Ekonomiser Arus Kombinasi	103
	VII.2.4. Perencanaan Pipa Ekonomiser	105
	VII.2.5. Perhitungan Luas Ekonomiser	106
	VII.2.6. Perpindahan Panas Pada Ekonomiser	107
	VII.2.7. Kerugian Gas Asap Melalui Ekonomiser	114
	VII.2.8. Pengecekan Tebal Ekonomiser	115
	VII.2.9. Kerugian Panas Lewat Dinding Saluran Tempat Ekonomiser	116
BAB VIII	CEROBONG ASAP DAN EFISIENSI KETEL	120
	VIII.1. Cerobong Asap	120
	VIII.1.1. Perencanaan Cerobong I	120
	VIII.1.2. Tarikan Cerobong I	121
	VIII.1.3. Kerugian Gas Asap Lewat Cerobong I	122
	VIII.1.4. Perencanaan Cerobong II	124
	VIII.1.5. Tarikan Cerobong II	125
	VIII.1.6. Kerugian Gas Asap Lewat Cerobong II	125
	VIII.2. Efisiensi Ketel	126
	VIII.2.1. Kerugian Panas Lewat Dinding Drum Ketel ..	127
	VIII.2.2. Kerugian Panas Radiasi Pada Badan Ketel	129

	VIII.2.3. Kerugian Panas Yang Terbawa Gas Asap	
	Melalui Cerobong	130
	VIII.2.4. Kerugian Panas Karena Adanya Uap Air	
	Dalam Bahan Bakar	131
	VIII.2.5. Kerugian Panas Karena Terbentuknya Uap Air	
	Disebabkan Adanya H ₂ Dalam Bahan Bakar .	132
	VIII.2.6. Kerugian Panas Karena Adanya Uap Air	
	Dalam Udara	133
	VIII.2.7. Kerugian Panas Terbawa Air <i>Blow Down</i>	134
BAB IX	PENYANGGA KETEL DAN KONSTRUKSI	
	PENGELASAN	136
	IX.1. Penyanga Ketel	136
	IX.1.1. Perhitungan Berat Ketel	136
	IX.1.2. Perhitungan Berat Perlengkapan Dan Alat	
	Bantu Ketel	144
	IX.1.3. Perhitungan Penyangga	145
	IX.2. Konstruksi Pengelasan	149
	IX.2.1. Bentuk Alur Sambungan Untuk Pengelasan	
	Ketel	150
BAB X	PERLENGKAPAN DAN ALAT BANTU KETEL	153
	X.1. Perlengkapan Ketel	153
	X.2. Manometer	154
	X.3. Garis Api	157

	X.4. Peluit Bahaya	157
	X.5. Gelas Penduga	158
	X.6. Katup Pengaman	159
	X.7. Katup Buang	160
	X.8. Katup Air Isian	162
	X.9. Kran Penutup Uap Induk	163
	X.10. <i>Man Hole</i> Dan <i>Hand Hole</i>	164
BAB XI	PENUTUP	165
	XI.1. Kesimpulan	165
	XI.2. Data Hasil Perhitungan	166
	XI.2. Saran	172

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL DAN GAMBAR

Gambar 1.1. Ketel Cornish	8
Gambar 1.2. Ketel Lancashire	9
Gambar 1.3. Ketel Scoth	10
Gambar 1.4. Ketel Babcock and Wilcox	11
Gambar 1.5. Ketel Yarrow	12
Gambar 1.6. Diagram Blok Siklus Rankine	13
Gambar 1.7. Diagram Proses Pembentukan Uap.....	14
Tabel 2.1. Tekanan Kerja Ketel dan Total Solid	18
Tabel 3.1. Komposisi Udara	23
Tabel 3.2. Komposisi Kimia Ampas Tebu	24
Tabel 3.3. Berat Atom dan Berat Molekul	24
Gambar 4.1. Konstruksi Ketel Uap Pipa Api	35
Gambar 4.2. Profil Silinder Api Jenis Fox	36
Gambar 6.1. Luasan Batang Tunjang	65
Gambar 6.2. Rangka Bakar	79
Gambar 7.1. Sketsa Superheater Arus Searah	81
Gambar 7.2. Diagram Superheater Arus Searah	81
Gambar 7.3. Sketsa Superheater Arus Berlawanan	82
Gambar 7.4. Diagram Superheater Arus Berlawanan	82

Gambar 7.5. Sketsa Superheater Arus Kombinasi	83
Gambar 7.6. Diagram Superheater Arus Kombinasi	83
Gambar 7.7. Penampang Superheater	84
Gambar 7.8. Sketsa Ekonomiser Arus Searah	100
Gambar 7.9. Diagram Ekonomiser Arus Searah	101
Gambar 7.10. Sketsa Ekonomiser Arus Berlawanan	102
Gambar 7.11. Diagram Ekonomiser Arus Berlawanan	102
Gambar 7.12. Sketsa Ekonomiser Arus Kombinasi	103
Gambar 7.13. Diagram Ekonomiser Arus Kombinasi	104
Gambar 7.14. Susunan Ekonomiser	105
Gambar 9.1. Kontruksi Penyangga Ketel	136
Gambar 9.2. Penampang Penyangga Ketel	146
Gambar 9.3. Sambungan Las	149
Gambar 9.4. Sambungan Las antara Silinder Api dan Drum Ketel	150
Gambar 9.5. Sambungan Las antara Tube Plate dan Dinding Ketel	150
Gambar 9.6. Sambungan Las antara Tube Plate dan Batang Tunjang	151
Gambar 9.7. Sambungan Las antara Tube Plate dan Pipa Tunjang	151
Gambar 9.8. Sambungan Las antara Tube Plate dan Pipa Api	152
Gambar 10.1. Manometer	156
Gambar 10.2. Garis Api	157
Gambar 10.3. Peluit Bahaya.....	158

Gambar 10.4. Gelas Penduga	159
Gambar 10.5. Katup Pengaman	160
Gambar 10.6. Katup Blow Down.....	161
Gambar 10.7. Katup Buang Buih	162
Gambar 10.8. Katup Air Isian	162
Gambar 10.9. Kran Penutup Uap Induk	163

ABSTRAKSI

Ketel Uap (Boiler) adalah suatu pesawat tenaga yang mengubah air menjadi uap dengan jalan pemanasan pada temperature dan tekanan tertentu melalui proses pembakaran campuran bahan baker dengan udara di dalam dapur (Furnace). Perencanaan Ketel uap pipa api ini bertujuan untuk memahami dan mengaplikasi rancang bangun pada Ketel uap pipa api dengan standard yang ada sehingga ketel uap dapat beroperasi dengan aman. Pada Tugas Akhir ini dirancang ulang Ketel uap pipa api yang ada di PG. Tasikmadu Karanganyar.

Metode perencanaan yang digunakan adalah dengan mengambil data yang diperoleh dari PG. Tasikmadu Karanganyar dan referensi dari berbagai sumber yang berkaitan dengan Ketel uap. Perencanaan ini meliputi perhitungan silinder api, pipa api, lemari api, lemari asap, drum ketel, batang dan pipa tunjang, superheater dan ekonomiser serta cerobong asap.

Berdasarkan hasil perhitungan, maka diperoleh dimensi dan ukuran dari silinder api, pipa api, lemari api, lemari asap, drum ketel, batang dan pipa tunjang, superheater dan ekonomiser serta cerobong asap.

Kata kunci : Ketel Uap, Furnace, Panas