

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN KETEL UAP PIPA API KAPASITAS
10 TON/JAM SEBAGAI PENDING KAIN DENGAN
TEKANAN 10 KG/CM² TEMPERATUR KERJA 175°C**



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

Disusun :

BAGUS WICAKSONO SAPTO JATI

NIM : D 200 060 081

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

Maret 2012

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul :

Perencanaan Ketel Uap Pipa Api Kapasitas 10 Ton/Jam Sebagai Pengering Kain Dengan Tekanan 10 kg/Cm² Temperatur Kerja 175°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 dipublikasi 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, 15 Maret 2012

Yang menyatakan

Bagus Wicaksono Sapto Jati

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul "Perencanaan Ketel Uap Pipa Api Kapasitas 10 Ton/Jam Sebagai Pengering Kain Dengan Tekanan 10 kg/Cm² Temperatur Kerja 175°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 : **BAGUS WICAKSONO SAPTO JATI**

Nim : **D 200 060 081**

Disetujui pada

Hari :

Tanggal :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Ir. Sunardi Wiyono, MT

Ir. Subroto, MT

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul berjudul “Perencanaan Ketel Uap Pipa Api Kapasitas 10 Ton/Jam Sebagai Pengering Kain Dengan Tekanan 10 kg/Cm² Temperatur Kerja 175°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 : **BAGUS WICAKSONO SAPTO JATI**
Nim : **D200 060 081**

Disetujui pada

Hari :
Tanggal :

Tim penguji :

Ketua : Ir. Sunardi Wiyono, MT

Anggota I : Ir. Subroto, MT

Anggota II : Nur Aklis, ST

Dekan,

Ketua Jurusan,

Ir. Agus Riyanto. S.R, MT

Ir. Sartono Putro , MT

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Berdasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Nomor 10/A.3-II/TM/TA/I/ 2011. Tanggal 8 Januari 2011
dengan ini :

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

Nama : Bagus Wicaksono Sapto Jati
Nomor Induk : D 200 060 081
NIRM : -
Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir
Judul/Topik : PERENCANAAN KETEL UAP UAP PIPA API KAPASITAS 10 TON SEBAGAI
Rincian Soal/Tugas : PENERING KAIN DENGAN TEKANAN 10 KG/CM² TEMPERATUR ~~300°C~~ 175°C

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.
8 Januari 2011.

Surakarta,

Pembimbing

Sunardi Wiyono, Ir, MT.

Cc. : Subroto Ir, 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

Cara untuk menjadi didepan adalah memulai sekarang. Jika memulai sekarang, tahun depan anda akan tahu banyak hal yang sekarang tidak diketahui, dan anda tak akan mengetahui masa depan jika anda menunggu-nunggu.

- william Feather -

ABSTRAKSI

Ketel uap adalah suatu pesawat energi yang digunakan untuk mengubah air menjadi uap pada kapasitas dan tekanan tertentu. Perencanaan ketel ini berskala kecil dengan kapasitas uap 10 ton/jam dengan menggunakan bahan bakar batu bara sebagai sumber energi panas. Ketel uapi ini sebagai penunjang kegiatan pada industri tekstil diantaranya digunakan untuk mengeringkan kain, memanaskan kanji, dan sebagainya.

Ketel uap yang direncanakan adalah ketel uap jenis pipa api dengan kapasitas uap 10 ton/jam, tekanan kerja 10 kg/cm², temperatur kerja 175⁰C dengan menggunakan bahan bakar batu bara. Pada konstruksi ketel yaitu silinder api menggunakan profil berombak dengan tujuan memiliki luas bidang pemanas yang lebih besar, selain itu bertujuan mengatasi perbedaan pemuaian antara silinder api dan pipa – pipa api. Air isian yang digunakan meliputi tiga jenis sumber awal, yaitu air sungai, air sumur, dan air PAM. Diperlukan adanya perlakuan terhadap air isian ketel agar dapat menjaga kualitas air bebas dari kotoran dan endapan yang dapat mengakibatkan kerak pada silinder api dan pipa api.

Dalam perencanaan ini didapatkan kesimpulan menurut hasil perhitungan yaitu, dimensi ukuran badan ketel D_{dalam} : 8,94 ft, D_{luar} : 9,11 ft, panjang ketel 2.971,8 mm, bahan dinding ketel Carbon Steel SA-285A Grade A, bahan isolasi menggunakan asbes, dimensi silinder api ds_{dalam} : 3,13 ft, ds_{luar} : 3,18 ft, diameter pipa api 3,5 in.

Kata kunci : Ketel Uap, Batu bara, Air isian

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 Api Kapasitas 10 Ton/Jam Sebagai Pengering Kain Dengan Tekanan 10 Kg/Cm² Temperatur Kerja 175°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. Bapak 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. Subroto, 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. Kakak dan Keluarga yang telah memberikan dukungannya demi terselesaikannya tugas akhir ini.
8. Rekanku seperjuangan (Muhammad Syukron, Feri Fajar) atas bantuannya bertukar pikiran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Teman - teman Teknik Mesin angkatan 2006 yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu yang telah membantu informasi – informasi tugas akhir ini.
10. Teman - teman kos wisma biru (Imam, Arif, Wiwit, Teguh, Beni, Anton dan lainnya) atas dukungannya demi terselesaikannya 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, 15 Maret 2012

Bagus Wicaksono Sapto Jati

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR	v
HALAMAN MOTO	vi
ABSTRAKSI	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Pembatasan Masalah	2
1.3. Tujuan Penulisan	2
1.4. Metode Perencanaan	3
1.5. Sistematika Penulisan	4
BAB II TEORI DASAR	
2.1. Pengertian Umum Ketel Uap	6
2.2. Jenis – jenis ketel uap	8
2.3. Pemilihan jenis ketel uap	10
2.4. Siklus Rankine	11
2.5. Perpindahan Kalor pada Ketel Uap	13
2.5.1. Perpindahan Kalor Secara Radiasi atau Pancaran ..	13
2.5.2. Perpindahan Kalor Secara Aliran atau Konveksi	14

2.5.3	Perpindahan Kalor Secara perambatan atau Konduksi.....	16
BAB III AIR ISIAN KETEL		
3.1.	Perlakuan Terhadap Air Isian Ketel	19
3.1.1.	Pencegahan Pembentukan Kerak dan Lumpur ...	19
3.1.1.1	<i>Eksternal Water Treatment</i>	20
3.1.1.2	<i>Internal Water Treatment</i>	21
3.1.2.	Pencegahan Terhadap Korosi	22
3.1.3.	Pencegahan Terhadap Buih	22
3.2.	Spesifikasi Air Isian Ketel	23
BAB IV BAHAN BAKAR DAN PROSES PEMBAKARAN		
4.1.	Bahan Bakar	25
4.1.1.	Bahan Bakar Batubara	26
4.2.	Proses Pembakaran	27
4.3.	Nilai Kalor Pembakaran Bahan Bakar	28
4.3.1.	Kebutuhan Bahan Bakar	30
4.4.	Analisa Pembakaran Bahan Bakar	31
4.5.	Kebutuhan Udara Pembakaran	33
4.6.	Kapasitas Gas Asap Hasil Pembakaran	36
4.7.	Temperatur Pembakaran	37
BAB V KONSTRUKSI KETEL UAP		
5.1.	Silinder Api	40
5.1.1.	Perhitungan Silinder Api	40
5.1.2.	Kerugian Tekanan Gas Asap Dalam Silinder Api .	47
5.1.3.	Pengecekan Kekuatan Tebal Plat Silinder Api	49
5.2.	Pipa Api	50
5.2.1.	Perhitungan Pipa Api	50
5.3.	Drum Ketel	60
5.3.1.	Perhitungan Diameter Drum Ketel	60
5.3.2.	Perhitungan Tebal Dinding Drum Ketel	63

5.4. Perhitungan <i>Tube Plate</i>	66
5.5. Batang Tunjang	67
5.5.1. Perencanaan Batang Tunjang	67
5.6. Pipa Tunjang	69
5.6.1. Perencanaan Pipa Tunjang	69
5.6.2. Tinjauan Daerah Luasan I	70
5.6.3. Tinjauan Daerah Luasan II	72
5.7. Lemari Api	74
5.7.1. Perhitungan Lemari Api	74
5.8. Lemari Asap	78
5.9. Cerobong	81
5.9.1 Perencanaan Cerobong	81
5.9.2 Tarikan Cerobong	84
5.10. Konstruksi Pengelasan	86
5.11. Penyangga Ketel	89
5.11.1 Perhitungan Berat Ketel	89
5.11.2 Perhitungan Berat Perlengkapan dan Alat bantu Ketel	96
5.11.3 Perhitungan Penyangga	98

BAB VI KESETIMBANGAN KALOR DAN EFISIENSI KETEL

6.1. Keseimbangan Kalor	102
6.1.1. Perhitungan Kalor	102
6.1.1.1. Konduktifitas Perpindahan Kalor Konduksi.....	102
6.1.1.2. Kerugian Kalor Radiasi	105
6.1.1.3. Pemeriksaan Keseimbangan Kalor	105
6.2. Efisiensi Ketel	107

BAB VII PERLENGKAPAN DAN ALAT BANTU KETEL	
7.1. Perlengkapan Ketel	111
7.1.1. Pompa	111
7.2. Alat Bantu Ketel	114
7.2.1. Lubang Orang (<i>Man Hole</i>)	114
7.2.2. Katup Pengaman (<i>Safety Valve</i>)	114
7.2.3. Manometer	115
7.2.4. Gelas penduga	115
7.2.5. <i>Regulator Feed Water Valve</i>	116
7.2.6. Katup Penutup Uap Induk	117
7.2.7. Katup Penguras (<i>Blowdown Valve</i>)	117
7.2.8. Kaca Pengintai (<i>Sight Glass</i>)	117
7.2.9. <i>Blower</i>	118
7.2.10. <i>Electrical Panel Board</i>	118
7.2.11. Termometer	120
BAB VIII PENUTUP	
8.1. Kesimpulan	121
8.2. Data Hasil Perhitungan	125

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Ketel Uap Pipa Api	8
Gambar 2.	Ketel Uap Pipa Air	9
Gambar 3.	Ketel Uap Pipa Api	10
Gambar 4.	Skema Siklus Rankine	11
Gambar 5.	Perpindahan Kalor Secara Radiasi	13
Gambar 6.	Perpindahan Kalor Secara Konveksi	14
Gambar 7.	Perpindahan Kalor Secara Konduksi	17
Gambar 8.	Konstruksi Ketel Uap Pipa Api	39
Gambar 9.	Profil Silinder Api	40
Gambar 10.	Penampang Las Sistem “ <i>Double V-Butt Weld</i> ”	64
Gambar 11.	Perencanaan Pipa Tunjang	70
Gambar 12.	Jenis Sambungan Las	86
Gambar 13.	Sambungan Las pada Silinder Api dan Drum	87
Gambar 14.	Sambungan Las antara Tube Plate dan dinding Ketel ...	87
Gambar 15.	Sambungan Las antara Tube Plate dan Batang Tunjang	87
Gambar 16.	Sambungan Las antara Tube Plate dengan Pipa Tunjang	88
Gambar 17.	Sambungan Las antara Tube Plate dengan Pipa Api	88
Gambar 18.	Konstruksi Penyangga Ketel	89
Gambar 19.	Penampang Penyangga Ketel	98
Gambar 20.	Ilustrasi Perpindahan Kalor pada dinding Ketel	102
Gambar 21.	Katup Keamanan dengan Pegas Langsung	114
Gambar 22.	<i>Manometer Bourdon</i>	115
Gambar 23.	Gelas Penduga	116
Gambar 24.	<i>Regulator Feed Water Level Controller</i>	116
Gambar 25.	<i>Blow Down Valve</i>	117
Gambar 26.	<i>Electrical Panel Board</i>	119

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tabel kadar zat terlarut yang diperbolehkan	19
Tabel 2. Tabel komposisi bahan bakar	26
Tabel 3. Tabel berat atom dan molekul	27
Tabel 4. Tabel Prosentase oksigen dan nitrogen dalam udara	28
Tabel 5. Tabel keterangan Electrical Panel Board	119

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	[lbm/ft hr]
μ	= koefisien kontak bidang	[lb/ft s]
ρ	= rapat massa fluida	[lb/ft ²]
Nu	= angka Nusselt	
Pr	= angka Prandtl	
h	= koefisien konveksi kalor	[Btu/ft ² hr ⁰ F]
hf	= entalpi air isian	[Btu//b]
hg	= entalpi uap jenuh	[Btu/lb]
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]
f	= faktor gesekan	

PERENCANAAN KETEL UAP PIPA API KAPASITAS 10 TON/JAM SEBAGAI PENGERING KAIN DENGAN TEKANAN 10 KG/CM² TEMPERATUR KERJA 175°C

Bagus Wicaksono Sapto Jati, Sunardi Wiyono, Subroto
Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura
email : baguswicaksonosaptojati@gmail.com

ABSTRAKSI

Ketel uap adalah suatu pesawat energi yang digunakan untuk mengubah air menjadi uap pada kapasitas dan tekanan tertentu. Perencanaan ketel ini berskala kecil dengan kapasitas uap 10 ton/jam dengan menggunakan bahan bakar batu bara sebagai sumber energi panas. Ketel uapi ini sebagai penunjang kegiatan pada industri tekstil diantaranya digunakan untuk mengeringkan kain, memanaskan kanji, dan sebagainya.

Ketel uap yang direncanakan adalah ketel uap jenis pipa api dengan kapasitas uap 10 ton/jam, tekanan kerja 10 kg/cm², temperatur kerja 175°C dengan menggunakan bahan bakar batu bara. Pada konstruksi ketel yaitu silinder api menggunakan profil berombak dengan tujuan memiliki luas bidang pemanas yang lebih besar, selain itu bertujuan mengatasi perbedaan pemuaian antara silinder api dan pipa – pipa api. Air isian yang digunakan meliputi tiga jenis sumber awal, yaitu air sungai, air sumur, dan air PAM. Diperlukan adanya perlakuan terhadap air isian ketel agar dapat menjaga kualitas air bebas dari kotoran dan endapan yang dapat mengakibatkan kerak pada silinder api dan pipa api.

Dalam perencanaan ini didapatkan kesimpulan menurut hasil perhitungan yaitu, dimensi ukuran badan ketel D_{dalam} : 8,94 ft, D_{luar} : 9,11 ft, panjang ketel 2.971,8 mm, bahan dinding ketel Carbon Steel SA-285A Grade A, bahan isolasi menggunakan asbes, dimensi silinder api ds_{dalam} : 3,13 ft, ds_{luar} : 3,18 ft, diameter pipa api 3,5 in.

Kata kunci : Ketel Uap, batubara, air isian