

KETEL UAP

RANCANGAN SUPERHEATER PADA KETEL UAP KAPASITAS 30 TON TBS/JAM TEKANAN KERJA KETEL 24 KG/CM²

TUGAS SARJANA

Oleh :

S A R D I

98.813.0027



**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN
UNIVERSITAS MEDAN AREA
M E D A N
2 0 0 2**

KETEL UAP

**RANCANGAN SUPERHEATER PADA KETEL UAP
KAPASITAS 30 TON TBS/JAM
TEKANAN KERJA KETEL 24 KG/CM²**

TUGAS SARJANA

**Disusun sebagai salah satu syarat
untuk menyelesaikan pendidikan strata-1 (S1)**

OLEH :

**S A R D I
98.813.0027**



**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2002**

KETEL UAP

RANCANGAN SUPERHEATER PADA KETEL UAP KAPASITAS 30 TON TBS/JAM TEKANAN KERJA KETEL 24 KG/CM²

TUGAS SARJANA

OLEH :

S A R D I
98.813.0027

MENYETUJUI
KOMISI PEMBIMBING

Pembimbing I



Ir. Amru Siregar, MT.

Pembimbing II



Ir. Surya Keliat

MENGETAHUI :

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Ir. H. Amirsyam Nst, MT

Dekan Fakultas Teknik Mesin



Des. Badan Ramdan, Meng. Sc

Tanggal Lulus :.....16 NOV 2002.....

KETEL UAP

RANCANGAN SUPERHEATER PADA KETEL UAP
KAPASITAS 30 TON TBS/JAM
TEKANAN KERJA KETEL 24 KG/CM²

TUGAS SARJANA

OLEH :

SARDI
98.813.0027

Telah diperiksa dan diperbaiki
pada seminar tanggal 29 Agustus 2002

DISETUJUI OLEH :

Pembanding I

Ir. H. Amirsyam. Nst. MT

Pembanding II

Ir. Dariantio. Msc



PT. GUNUNG MELAYU

PMKS G.MELAYU II

G.Melayu, 28 Desember 2001

Kepada Yth,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Medan Area
di
Tempat

Dengan Hormat,

Sesuai surat dari Pembantu Rektor-I No.3654/A.I.1 b/2001 tertanggal 22 Oktober 2001, perihal KP dan pengambilan data tugas akhir, dengan ini kami informasikan bahwa nama tersebut di bawah ini telah melaksanakan Kerja praktek & pengambilan data tugas akhir di Asian Agri Group PT.Gunung Melayu PMKS GM-II sbb :

No	Nama	No.Pokok Mahasiswa	Fakultas	Program Study
1	Budi Handoko	98.813.0068	Teknik	Mesin
2	S a r d i	98.813.0027	Teknik	Mesin
3	Nokke Bakara	98.813.0042	Teknik	Mesin
4	Surya Putra	98.813.0063	Teknik	Mesin

Mulai tanggal 25 Oktober 2001 sampai dengan tanggal 26 Desember 2001.

Demikian surat ini kami berikan untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Hormat kami,

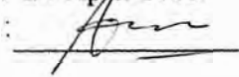

Ir. Edi S. Ginting
Manager

UNIVERSITAS MEDAN AREA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN MESIN

Agenda No : /FTJM/TA/2002

Diterima tanggal : 20 April 2002

Paraf :



TUGAS AKHIR

Nama : SARDI

No. Stambuk : 98.813.0027

Mata Kuliah : KETEL UAP

Spesifikasi : Rancanglah sebuah alat pemanas lanjut (superheater) ketel uap pipa air yang dioperasikan pada pabrik kelapa sawit dengan kapasitas 30 ton TBS/jam, tekanan 24 kg/cm^2 dan suhu kerja 300°C .

Rancangan utama meliputi :

- Pemilihan jenis superheater
- Jumlah pipa superheater
- Gambar Penampang

Data-data lain yang diperlukan dapat di ambil dari hasil survey

Diberikan Tanggal : 20 April 2002

Selesai Tanggal : 20 Juli 2002



Ketua Jurusan

Ir. H. Amirsyam, Nst. MT

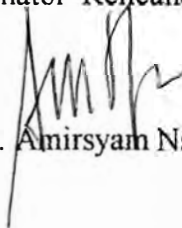
Medan, 20 April 2002

Dosen Pembimbing,



Ir. Amru Siregar, MT

Koordinator Rencana Sarjana



Ir. H. Amirsyam Nst, MT.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Allah Swt, atas limpahan rahmad dan hidayah-Nya yang tiada pernah pupus kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini pada waktunya.

Selawat dan salam kehadiran Nabi besar Muhammad Saw, sebagai seorang tokoh revolusioner dunia sampai akhir masa, karena dengan perjuangan beliau wajah dunia berubah total, dari jaman kebobrokan moral yang hebat kejaman yang penuh etika dan moral yang damai. Semoga risallah yang ditinggalkannya dapat menjadi panutan bagi kita semua.

Tugas akhir ini merupakan suatu tugas yang harus di selesaikan oleh setiap mahasiswa, sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Adapun tugas akhir ini penulis mengangkat masalah Ketel Uap dengan judul: Rancangan Superheater (Pemanas Uap Lanjut) pada Ketel Uap. Kapasitas 30 ton/jam, Tekanan 24 kg/cm².

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, baik dari segi penulisannya maupun dari segi materi pembahasannya, hal ini karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang penulis miliki. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya konstruktif guna perbaikan tugas akhir ini nantinya.

Selesainya tugas akhir ini adalah berkat izin-Nya serta bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung, telah memberikan sentuhan tersendiri, sehingga tercipta suatu warna yang lebih jelas untuk suatu arti yang lebih nyata.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih dan hormat yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Drs. Dadan Ramdan, Meng, Sc, Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
2. Bapak Ir. H. Amirsyam Nst, MT, Selaku ketua jurusan Teknik Mesin dan sebagai koordinator rencana sarjana.,
3. Bapak Ir. Amru Siregar, MT. Selaku pembimbing I yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Surya Keliat, selaku pembimbing II yang telah banyak memberi masukan-masukan kepada penulis.
5. Seluruh Dosen di Fakultas Teknik Jurusan mesin, yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama dalam perkuliahan.
6. Direksi, manager, staff dan karyawan PT.Gunung Melayu, di Air Batu Simpang Kawat, Kisaran.
7. Terkhusus buat ayahanda dan ibunda, atas kasih sayang dan do'anya kepada penulis yang tiada pernah putus dalam mendukung penulis selama ini.
8. Para sahabat yang telah memberikan bantuan kepada penulis, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhirnya kepada Yang Maha Kuasa penulis berserah diri, semoga senantiasa melimpahkan rahmad-Nya kepada kita semua. Mudah-mudahan tulisan ini bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya dan bagi yang membaca tulisan ini pada umumnya. Amin.

Medan. 20 Juli 2002

Penulis,

S A R D I



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
NOMENCLATUR	vii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Topik Pembahasan	2
1.3 Tujuan Penulisan	2
1.4 Batasan Masalah	2

BAB II TIORI DASAR

2.1 Pengertian Ketel Uap	3
2.2 Klasifikasi Ketel Uap	3
2.3 Fungsi Ketel Uap	5
2.4 Diagram Aliran Gas Panas	6

BAB II METODOLOGI PENULISAN

3.1 Mengajukan Judul	8
3.2 Pengumpulan Data	8
3.3 Sistematika Penulisan	9
3.4 Flowchart Tahapan-Tahapan Penulisan	10

BAB IV PEMBAHASAN

4.1	Analisa Pembakaran Pada Ketel Uap.....	11
4.1.1	Bahan Bakar Ketel Uap.....	11
4.1.2	Kebutuhan Udara Pembakaran.....	17
4.1.3	Produksi Gas Asap.....	21
4.1.4	Volume Gas Asap.....	26
4.1.5	Kalor Pembakaran.....	30
4.2	Konstruksi Ketel Uap.....	31
4.2.1	Ruang Bakar.....	31
4.2.2	Pipa Water Wall.....	33
4.2.3	Bidang Pemanas Ruang Bakar.....	52
4.3	Superheater.....	62
4.3.1	Prinsip Kerja Superheater.....	63
4.3.2	Klasifikasi Superheater.....	63
4.3.3	Pemilihan Jenis Superheater.....	68
4.3.4	Bahan Dan Dimensi Pipa Superheater.....	69
4.3.5	Analisa Bidang Pemanas Lanjut.....	71
4.3.6	Pembentukan Pipa Pada Superheater.....	81
4.3.7	Analisa tegangan Pada silinder Berdinding Tipis.....	83
4.3.8	Analisa Kekuatan Pipa Superheater.....	86

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan	88
Daftar Pustaka	90
Lampiran	92



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram T-S.....	7
Gambar 2.2	Diagram aliran gas panas.....	8
Gambar 4.1	Bentuk ruang bakar.....	31
Gambar 4.2	Perencanaan susunan pipa.....	35
Gambar 4.3	Susunan pipa water wall bagian samping.....	36
Gambar 4.4	Sistem Trigonometri.....	37
Gambar 4.5	Susunan pipa water wall bagian depan.....	46
Gambar 4.6	Letak pipa water wall bagian depan.....	47
Gambar 4.7	Susunan pipa water wall bagian belakang.....	48
Gambar 5.1	Superheater konveksi arus searah.....	61
Gambar 5.2	Superheater konveksi arus berlawanan arah.....	62
Gambar 5.3	Superheater konveksi arus kombinasi.....	63
Gambar 5.5	Profil suhu pada superheater.....	75
Gambar 5.6	Grafik faktor koreksi unsur APK.....	76
Gambar 5.7	Strength Bending.....	78
Gambar 5.8	Drawing Bending.....	79
Gambar 5.9	Kompressing Bending.....	79
Gambar 5.10	Press Bending	80
Gambar 5.11	Diagram analisa benda silinder.....	80

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dewasa ini berbagai usaha dilakukan untuk menemukan sumber energi baru guna menggantikan sumber energi minyak bumi dan gas alam, karena persediaan minyak bumi dan gas alam semakin lama semakin menipis, sehingga diperlukan sumber energi alternatif. Misalnya dengan memanfaatkan sumber daya alam yang ada seperti, air, angin, sinar matahari dan lain-lain, sebagai sumber pembangkit tenaga. Tetapi sumber daya energi seperti itu kurang menguntungkan dan hanya dapat dilakukan di daerah-daerah tertentu. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dipilihlah suatu pembangkit yang menggunakan uap sebagai penggerak mesin, yang mana uap yang dihasilkan berasal dari pemanasan air sehingga uap tersebut menghasilkan energi (energi potensial), yang dapat digunakan untuk menggerakkan turbin untuk generator pembangkit listrik dan juga uap tersebut digunakan untuk pengolahan pada pabrik dan industri. Alat penghasil uap tersebut di namakan Ketel Uap.

Ketel uap sebagai salah satu pembangkit energi, dewasa ini semakin luas digunakan pada pabrik-pabrik khususnya pabrik kelapa sawit karena dinilai cukup menguntungkan. Karena bahan bakar yang di gunakan melimpah, dalam hal ini sabut dan cangkang, khusus digunakan pada pabrik kelapa sawit (PKS), biaya operasional dan perawatan yang lebih murah dibandingkan dengan pembangkit lain serta tidak menimbulkan pencemaran lingkungan.

1.2 Topik Pembahasan

Berdasarkan kenyataan-kenyataan diatas, penulis tertarik untuk membahas rancangan superheater (pemanas uap lanjut) pada ketel uap yang digunakan pada pabrik kelapa sawit, terutama tentang :

1. Pemilihan bahan superheater
2. Prinsip kerja superheater
3. Pembentukan pipa superheater dan bagian-bagian lain superheater

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk memberikan pemahaman tentang perencanaan ketel uap khususnya perencanaan superheater untuk kebutuhan pabrik kelapa sawit.
2. Untuk mengetahui konstruksi ketel uap dan perlengkapannya.
3. Untuk mengetahui proses perubahan uap basah menjadi uap kering ketel uap.
4. Dapat menentukan jenis superheater yang akan di gunakan sesuai kebutuhan
5. Untuk membandingkan teori yang ada dengan kenyataan di lapangan.

1.4 Batasan Masalah

Agar penulisan tugas akhir ini terarah dan sesuai dengan tujuan semula, maka perlu diberikan batasan masalah, karena mengingat luasnya cakupan pembahasan tentang ketel uap, maka pembahasan dititik beratkan pada perencanaan superheater (pemanas uap lanjut).

DAFTAR PUSTAKA

1. Samsir A. Muin. Ir, *Pesawat-Pesawat Konversi Energi 1 (Ketel Uap)*, 1988
Edisi pertama, Penerbit Cv. Rajawali Jakarta
2. Bernhart G A. skrotzki and William A. Vopat, *Power Station Engineering And Economic*, 1979. Tata. Mc. Grawhill Publishing Company Ltd, New Delhi.
3. Bab cock and Wilcox, *Steam Generating And Use*, 1972 38th Edition.
4. M.J. Djokostyardjo. Ir, *Ketel Uap*, 1989. Cetakan ke dua, penerbit PT Pradya Paramita, Jakarta
5. J.P. Holman , E. Djasji, *Perpindahan Kalor*, 1993. Edisi ke enam, penerbit Erlangga, Jakarta.
6. ESM Tambun, Ir, Fajar H. Karo-karo, B.E, *Ketel Uap*, 1993. Cetakan pertama, penerbit Karya Agung, Jakarta.
7. Fritz Dietzel, Dakso Sriyono. Ir, *Turbin, Pompa dan Kompresor*, 1993.
Cetakan ke empat, penerbit Erlangga, Jakarta
8. Frank Kreith, Arco Priyono. Msc, *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, 1993.
Edisi ke tiga, Penerbit Erlangga, Jakarta.
9. F.T. Morse. Mc.IEE, *Power Plant Engineering*, 1974. Ahlated East West Press, New Delhi.
10. Kent's, *Mechanical Engineering Hand Book Power*, 1977 12th Edition, New york USA
11. E.P. Popov, Zainal Astamar, *Mekanika Teknik*, 1996 Edisi ke dua (versi SI)
Penerbit Erlangga, Jakarta.

12. R.S. Khurmi, *Steam Tables Whith Mollier Diagram*, 1989 6th Edition, Publihed by S. Chand & Company Ltd, Ram Nagar, New Delhi
13. Filino Harahapa, DR. Ir. Msc, *Thermodinamika Teknik* , 1989. Edisi kedua, penerbit Erlangga , Jakarta.
14. George E. Diester, Sriati Djaprie, *Metalurgi Mekanik*, 1993. Edisi ke tiga jilid I, penerbit Erlangga , Jakarta.
15. S. Timushenko, *Strengt Of Material*, 1981. 3rd Edition, New york University.



LAMPIRAN 1

Tabel Konversi Satuan

<u>SATUAN PANJANG :</u>		<u>SATUAN BERAT :</u>	
1 mil	= 1760 yards	1 US Long ton	= 2240 lbs
	= 5280 feet		= 1016 kg
	= 1.609 km	1 US Short ton	= 2000 lbs
1 yard	= 3 feet		= 907 kg
	= 0,914 meter		
1 foot	= 12 inches	1 pound (lb)	= 16 ounces
	= 308,4 mm		= 7000 grains
			= 0,454 kg
1 inch	= 25,4 mm	1 ounce (oz)	= 0,0625 pound
100 ft/min	= 0,508 m/det		= 28,35 gr
1 km	= 1000 m	1 grain	= 64,8 m . gr
	= 0,621		= 0,023 ounce
1 meter	= 1000 mm	1 lb/ft	= 1,488 kg/m
	= 1,094 yard	1 metrik ton	= 1000 kg
	= 3,281 feet		= 0,984 long ton
	= 39,37 inches		= 2205 lbs
1 mikron	= 0,001 mm	1 kilogram	= 1000 gr
	= 0,000039 inch		= 2.205 pound
1 m/det	= 196,9 ft/min	1 gram	= 1000 m . gr
			= 0,03527 ounce
			= 15,43 grains
<u>SATUAN LUAS :</u>			= 0,672 lbs/l
1 mil . 2	= 640 Acres	1 kg/m	
	= 259 Hektar		
1 Acre	= 4840 sq . yards		
	= 0,4047 Hektar		
1 sq . yard	= 9 sq . feet	<u>SATUAN VOLUME :</u>	
	= 0,836 M ²	1 cu . yard	= 27 cu . feet
1 sq . foot	= 144 sq . inches		= 0,765 m ³
	= 0,0929 m ²	1 cu . foot	= 1728 cu . inches
1 km ²	= 100 Hektar		= 28,32 liter
	= 0,3861 sq . mile	1 cu . inch	= 16,39 mm ³
1 Hektar	= 10.000 m ²	1 Imp.gallon	= 277,4 cu.inches
	= 2,471 Acres		= 4,55 liter
1 m ²	= 1.000.000 mm ²	1 US Gallon	= 0,833 Imp.gallon
	= 1,196 sq . yards		= 3,785 liter

LAMPIRAN 5

Tabel A-9 Sifat-sifat Air (Zat cair Jenuh)

Catatan $Gr, Pr = \left(\frac{g\beta\rho^2 C_p}{\mu k} \right) x^3 \Delta T$

°F	°C	C_p kJ/kg. °C	ρ kg/m ³	μ kg/m.s	k W/m. °C	Pr	$\left(\frac{g\beta\rho^2 C_p}{\mu k} \right)$ 1/m ³ °C
32	0	4.225	999.8	1.79×10^{-3}	0.566	13.25	
40	4.44	4.208	999.8	1.55	0.575	11.35	1.91×10^9
50	10	4.195	999.2	1.31	0.585	9.40	6.34×10^9
60	15.56	4.186	998.6	1.12	0.595	7.88	1.08×10^{10}
70	21.11	4.179	997.4	9.8×10^{-4}	0.640	6.78	1.46×10^{10}
80	26.67	4.179	995.8	8.6	0.614	5.85	1.91×10^{10}
90	37.22	4.174	994.9	7.65	0.623	5.12	2.48×10^{10}
100	37.78	4.174	993.0	6.82	0.630	4.53	3.3×10^{10}
110	43.33	4.174	990.6	6.16	0.637	4.04	4.19×10^{10}
120	48.89	4.174	988.8	5.62	0.644	3.64	4.89×10^{10}
130	54.44	4.179	985.7	5.13	0.649	3.30	5.66×10^{10}
140	60	4.179	983.3	4.71	0.654	3.01	6.48×10^{10}
150	65.55	4.183	980.3	4.3	0.659	2.73	7.62×10^{10}
160	71.11	4.186	977.3	4.01	0.665	2.53	8.84×10^{10}
170	76.67	4.191	973.7	3.72	0.668	2.33	9.85×10^{10}
180	82.22	4.195	970.2	3.47	0.673	2.16	1.09×10^{11}
190	87.78	4.199	966.7	3.27	0.675	2.03	
200	93.33	4.204	963.2	3.06	0.678	1.90	
220	104.4	4.216	955.1	2.67	0.684	1.66	
240	115.6	4.229	946.7	2.44	0.685	1.50	
260	126.7	4.250	937.2	2.19	0.685	1.36	
280	137.8	4.271	928.1	1.98	0.685	1.24	
300	148.9	4.296	918.0	1.86	0.684	1.17	
350	176.7	4.371	890.4	1.57	0.677	1.02	
400	204.4	4.467	859.4	1.36	0.665	1.00	
450	232.2	4.585	825.7	1.20	0.646	0.85	
500	260	4.731	785.2	1.07	0.616	0.83	
550	287.7	5.024	735.5	9.51×10^{-5}			
600	315.6	5.703	678.7	8.68			

Adaptasi dari A.I. Brown dan S.M. Marco, "Introduction to Heat Transfer," 3d ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1958

LAMPIRAN 8

Daftar Sifat-sifat Bukan-Logam (lanjutan)

Bahan	Suhu °C	k, W/m°C	ρ , kg/m ³	C, kJ/kg°C	α , m ² /s x10 ⁷
Bahan Isolasi					
Asbes :					
Ditetal longgar	-45 0 100	0.149 0.154 0.161	470-570	0.816	3.3-4
Papan asbes semen	20	0.74			
Lembaran	51	0.166			
Lakan, 40 laminasi/in	38	0.057	35	1.88	2-5.3
	150	0.069			
	260	0.083			
20 laminasi/in	38	0.078			
	150	0.095			
	260	0.112			
Gelombang, 4 plai/in	38	0.057			
	93	0.100			
	150	0.119			
Asbes semen	-	2.06			
Wol balsam, 2.2 lb/ft ³	32	0.04	160	0.7	22.6
Karton, gelombang	-	0.034			
Celotex	32	0.048			
Papan gabus, 10 lb/ft ³	30	0.043	45-120	1.88	2-5.3
Gabus butiran ulang	32	0.045			
Ciling halus	32	0.045			
Tanah diatom			150		
(Sil-o-cel)	0	0.061	320		
Lakan, rambut	30	0.036	150-250		
Wol	30	0.052	330		
Serat, papan isolasi	20	0.048	240		
Wol gelas, 1.5 lb/ft ³	23	0.038	24		
Insullex, kering	32	0.064			
		0.144			
Kapuk	30	0.035			
Magnesia, 85%	38	0.067	270		
	93	0.071			
	150	0.074			
	204	0.080			
Wol buatan, 10 lb/ft ³	32	0.040	160		
Ditetal longgar	150	0.067	61		
	260	0.087			
Serbuk gergaji	23	0.059			
Silika aerogel	32	0.024	140		
Serutan kayu	23	0.059			

Adaptasi ke satuan SI dari A.L. Brown dan S.M. Marco, "Introduction to Heat Transfer," 3d ed Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1958