

**PENELITIAN KERUGIAN PANAS PADA KETEL UAP JENIS
PIPA AIR BERKAPASITAS 16 TON UAP PANAS LANJUT
PER JAM PADA KAPAL TANKER**

Tugas akhir
Diajukan Sebagai Persyaratan Menempuh Ujian Akhir Strata Satu (SI)
pada Jurusan Teknik Permesinan Kapal
Universitas Darma Persada
Jakarta

Disusun oleh :
SUTISNA
NIM: 99 320 015



**JURUSAN TEKNIK PERMESINAN KAPAL
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
JAKARTA**

2004



UNIVERSITAS DARMA PERSADA
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Jl. Radin Inten II, Pondok Kelapa Jakarta Timur, 13450
Telp. 8649051-57 Pes. 2029, 2026

SURAT KETERANGAN
PERMOHONAN UJIAN SIDANG
TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini menerangkan bahwa:

Nama : Sutisna

NIM : 99320015

Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan

Judul Tugas Akhir :

" Penelitian Kerugian Panas pada Ketel Uap Jenis Pipa Air Berkapasitas 16 Ton Uap Panas Lanjut perjam pada Kapal Tanker

Bermaksud untuk mengajukan permohonan mengikuti Ujian Sidang Tugas Akhir dan telah menyelesaikan Tugas Akhir tersebut.

No.	Dosen Pembimbing	Disetujui tanggal	Paraf
1.	Ir. Endro Prabowo, M.Sc	25-8-84	

Jakarta,

Mengetahui
Dekan/ Pudek I

Ketua Jurusan
Teknik Sistem Perkapalan

(.....A. Hamid.....) i

(.....)



(Formulir Perbaikan)

TUGAS AKHIR

Memperhatikan ketentuan sidang Tugas Akhir pada tanggal 27 Agustus 2004
untuk mengadakan perbaikan sesuai daftar data perbaikan:

Nama : SUTISNA
N.I.M : 99320015
Jurusan : TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Judul Tugas Akhir : PENELITIAN KERUGIAN PANAS PADA KETEL JENIS
PIPA AIR BERKAPASITAS 16 TON UAP PANAS
LANJUT PER JAM PADA KAPAL

No	Dosen Penguji	Disetujui Tanggal	Paraf
1	Ir. Joedonowarso, MSc	05 NOV '04	
2	Ir. Fanny Octaviani	02 NOV '04	
3	Ir. Suwardi Masrun, MSc	24/02/2005	
4	Ir. Endro Prabowo, MSc	24/2 '05	

Jakarta,2004

Mengetahui.

Dekan

Ketua Jurusan

Teknik Sistem Perkapalan

(DR. Ir. Abdul Hamid, M.Eng)

(Ir. Suwardi Masrun, MSc)



UNIVERSITAS DARMA PERSADA
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

L. RADIN INTEN II PONDOK KELAPA JAKARTA TIMUR 13450

**ASISTENSI
TUGAS AKHIR**

Nama : SUTISNA

NIM : 99320015

Judul : Penelitian Kerugian Panas Pada Ketal Uap Jenis Pipa Air Berkapasitas

16 ~~1200~~ Uap Panas Lanjut Per Jam Pada Kapal Tanker.

No	Tanggal	Materi	Paraf
1.	15-7-09	Teori hana diwujudkan yg berbeda dg perlat energi f d ketel komponen cukup diberi penjelasan sudent	f
2.	20-7-09	Pelarian mengenai proses ketel ketel uap (air & s diagen)	f
3.	25-7-09	Gambar proses ambil dan buku termo	f
4.	1-8-09	Gambar siklus di beri pet komponen dan baru di jelaskan siklusnya	f
5.	20-8-09	Pembahasan hana berisi perhitungannya sajk, semua teori untk buku f	f
6.	03-8-09	koreksi cara menyajikan pembahasan	f
7.	25-8-09	Banyak data yg telah jelas	f

Mengetahui
Pembimbing

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat ALLAH SWT yang mengetahui isi hati setiap hambanya, atas segala rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan (S1) Tehnik Permesinan Kapal Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan mengingat keterbatasan dan kekurangan pada diri penulis. Oleh sebab itu saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan selanjutnya sangat diharapkan penulis.

Selesainya skripsi ini berkat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Dr.Ir.H. Abdul Hamid. MEng, Selaku Dekan Fakultas Teknologi Kelautan
2. Ir. Suwardi Masrun M.sc, Selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal Fakultas Teknologi Kelautan dan juga selaku dosen pembimbing akademik
3. Ir. Endro Prabowo M.sc, Selaku Pembantu Dekan I Fakultas Teknologi Kelautan sekaligus selaku pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan tugas ini.
4. Dosen dan karyawan Fakultas Teknologi Kelautan yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak memberikan bantuan.
5. Orang tua (Mami & BABE) yang telah banyak memberikan dorongan semangat dan bantuan material serta doa yang tiada henti-hentinya.
6. Adik "Cepy", bang "Iwan", kakak "Dewi", bang "Sulung" makasih banyak doanya.
7. Rekan-rekan seperjuangan angkatan '99 : Ka NUNU, Ega, BOWO, Buluk, Kentung, Della, Jotet, Billy , Adi "bokis", Rony "macan", Herman, Dedy X-Trem, Suherman"Eric", Komporgas, Cibon, Cobin, Aki, Iyan"Bleki", Yossi, Cak Qodir, Su"marno"hadji, Wawan menwa, spesialnya buat Bos KODOK, thanks komputernye.

8. Untuk temen-temen : Zibon “ om SUNDEL “, Baby, Kuli (Ka BEM FTK), dan ketua BEM FTK yang sudah ataupun yang belum, Melisa, Metha, Mami “SU”, Indri PANDAPA, B’doel, Zaldi, Bang Ben, Aga, Irfan terima kasih atas dukungan dan suport nya
9. Special untuk (..?...) INSYA ALLAH cepat terisi titik-titiknya doain YA.
10. Buat Bapa Ahmad Umbara Umbari, Mama Imam Aspuri, K Saat, Bang Naryo, Bang Manta
11. Bekty jasmu melebihi Bung Karno.
12. Bapak Topa simbolon dan Pak Dedy S Satar terimakasih atas bantuannya.
13. Para alumni yang sudah banyak membantu penulis : Ir. Wawan Darmawan, Ir.J Roy P, Ir. Rudy, Ir. Achirudin, Ir. Zaenal, Ir. Rifka Natalia, Ir. farid, Ir Caroko
14. Rekan-rekan yang tak dapat penulis sebutkan satu persatu terutama buat anak-anak TEATER SEMUT, UKC, SU yang turut membantu dalam penyusunan tugas ini.

Akhirnya penulis berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya serta rekan-rekan mahasiwa Jurusan Teknik Permesinan Kapal Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada.

Jakarta, Agustus 2004

S U T I S N A

ABSTRAKSI

Untuk mengusahakan sebuah ketel uap agar menghasilkan uap yang maksimal perlu dilaksanakan perawatan namun sebelum dilaksanakannya perawatan ataupun perbaikan kita perlu teliti dahulu penyebab dari ketel uap tersebut tidak menghasilkan uap yang maksimal . Biasanya penyebab dari tidak maksimalnya uap yang dihasilkan tersebut karena adanya kerugian-kerugian panas. Adapun kerugian tersebut tergantung dari :

- ~ Kontruksi ketel tersebut
- ~ Bahan bakar yang digunakan
- ~ Kondisi waktu pengoperasiannya.

Kontruksi ketel tersebut termasuk ruang bakarnya (*furnace*) yang didalamnya terdapat pipa-pipa (*riser*) dan pipa-pipa tersebutlah yang menghasilkan uap. Jadi jikalau pembakaran didalam bahan bakar tersebut tidak sempurna maka uap yang dihasilkannya pun tidak akan sempurna itupun mengacu pada bahan bakar yang dimasukkannya ditinjau dari segi udara yang dibutuhkan saat pembakaran, kemudian gas asap yang terbentuk dari hasil pembakaran dan gas-gas sisa pembakaran.

Didalam ruang bakar kita perlu perhatikan pula derajat kehitaman (emisivitas) dari dinding ruang bakar yang terdiri dari pipa-pipa air, dan temperatur diruang bakarnya pun perlu diperhatikan.

Didalam ketel uap tersebut terjadi proses perpindahan panas yaitu antara dua fluida yang mengalir dengan dibatasi pipa-pipa air dan dinding ketel dan proses tersebut terjadi secara radiasi, konveksi, dan konduksi.

Dan bila dilihat dari seberapa besar kerugian-kerugian yang terjadi kerugian terbesar terjadi disaat uap melewati cerobong.



DAFTAR ISI

LEMBAR PERMOHONAN SIDANG	i
LEMBAR ASISTENSI	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAKSI	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Tujuan Penulisan	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Metodologi Penulisan	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Ketel Uap	5
2.2 Bagian-bagian Utama Ketel Pipa Air	8
2.2.1 Steam Drum	8
2.2.2 Riser	8

2.2.3 Down Comer.....	8
2.2.4 Water Drum.....	9
2.2.5 Burner.....	9
2.3 Sklus Termodinamika.....	14
2.4 Pembakaran.....	18
2.5 Perpindahan Panas Pada Ketel Uap.....	24
2.5.1 Perpindahan Panas Secara Pancaran (Radiasi).....	25
2.5.2 Perpindahan Panas Secara Aliran (Konveksi).....	26
2.5.3 Perpindahan Panas Secara Perambatan (Konduksi).....	27
2.5.4 Perpindahan Panas Secara Konveksi dan Konduksi.....	27
2.5.5 Temperatur Gas Asap Meninggalkan Ruang Bakar.....	31
2.6 Neraca Kalor.....	32

BAB III PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Bahan Bakar.....	36
3.1.1 Nilai Kalor.....	36
3.1.2 Bahan Bakar Yang Dibutuhkan.....	36
3.1.3 Udara Pembakaran Yang Dibutuhkan.....	38
3.1.4 Kebutuhan Udara Aktual.....	39
3.1.5 Total Udara Aktual Pembakaran Yang Dibutuhkan.....	39
3.1.6 Prosentase CO ₂ Maksimum (CO ₂ max).....	39
3.1.7 Jumlah Gas Asap Yang Terbentuk.....	40
3.1.7.1 Jumlah Gas Asap Kering Yang Terbentuk.....	40

3.1.7.2 Jumlah Gas Asap Basah Yang Terbentuk.....	40
3.1.8 Total Gas Asap Yang Terbentuk.....	40
3.2 Perhitunga Ruang Bakar Ketel Pipa Air	41
3.2.1 Perhitunga Beban Ruang Bakar	41
3.2.2 Derajat Kehitaman Ruang Bakar.....	42
3.2.3 Derajat Kehitaman Badan Api	44
3.2.4 Perhitungan Temperatur Di Ruang Bakar.....	47
3.3 Perhitungan Perpindahan Panas Pada Ruang Bakar.....	48
3.3.1 Kalor Yang Dikeluarkan Dari Pembakaran Bahan Bakar.....	48
3.3.2 Perpindahan Panas Secara Radiasi.....	48
3.3.3 Temperatur Gas Asap Meninggalkan Ruang Bakar.....	50
3.3.4 Perpindahan Panas Secara Radiasi.....	51
3.3.5 Perhitungan Kerugian Panas Dan Efisiensi Ketel Secara Umum.....	52
 BAB IV KESIMPULAN.....	 56
4.1 Kesimpulan.....	57
 DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
LHV	Nilai Pembakaran Bawah	kkal/kg
HHV	Nilai Pembakaran Atas	kkal/kg
Qi	Kalor yang ditimbulkan pada pembakaran bahan bakar tiap jam	kkal/kg
Qo	Kalor yang digunakan untuk menghasilkan uap per jamnya	kkal/jam
hu	Enthalpi uap yang dihasilkan	kkal/kg
ha	Enthalpi air yang dihasilkan	kkal/kg
tu	Temperatur uap yang dihasilkan	°C
ta	Temperatur air pengisi ketel	°C
$\eta_{R.B}$	Efisiensi di ruang bakar	%
η_k	Efisiensi ketel uap	%
D	Jumlah uap yang dihasilkan	kg/jam
B'	Bahan bakar efektif yang terpakai	kg _{b.b} /jam
U _{og}	Udara teoritis yang diperlukan	kg _{ud} /kg _{b.b}
E	Udara Excess	%
U	Udara Praktis yang dibutuhkan	kg _{ud} /kg _{b.b}
U _t	Total udara pembakaran	kg _{ud} /kg _{b.b}
G	Total gas asap yang terbentuk	kg _{gas asap} /kg _{b.b}

G'	Total gas asap yang terbentuk tiap jam	$\text{kg}_{\text{gas asap}}/\text{kg}_{\text{b.b}}$
Q_{RB}	Beban ruang bakar	$\text{kkal}/\text{m}^3 \cdot \text{jam}$
V_{RB}	Volume ruang bakar	M^3
A_1'	Derajat kehitaman badan api	-
A_2'	Derajat kehitaman ruang bakar	-
V_f	Volume badan api	M^3
T_E	Temperatur furnace	$^{\circ}\text{C}$
I_m	Enthalpi gas asap	kkal/nm^3
C_{pg}	Kalor jenis gas asap rata-rata	$\text{kkal}/\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$
C_p	Kalor jenis udara rata-rata	$\text{kkal}/\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$
Q_R	Kalor yang diserap secara radiasi	kkal/jam
Q_k	Kalor yang diserap secara konveksi	kkal/jam
α	Angka peralihan panas	$\text{kkal}/\text{m}^2 \cdot \text{jam} \cdot ^{\circ}\text{C}$
s	Tebal dinding ketel	m
λ	Angka perambatan panas dalam benda	$\text{kkal}/\text{m} \cdot \text{jam} \cdot ^{\circ}\text{C}$
L_a	Kerugian panas cerobong	kkal/kg
L_{mb}	Kerugian kalor moisture di bahan bakar	kkal/kg
W_{ma}	Jumlah $\text{kg H}_2\text{O}$ per kg udara	$\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{ud}}$
L_r	Kerugian akibat radiasi	kkal/kg
q_f	Panas yang ada di dalam bahan bakar	kkal/kg
C_{pf}	Panas jenis bahan bakar	$\text{kkal}/\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$

qud Panas udara pembakaran

kkal/kg

qm Panas moisture di udara pembakaran

kkal/kg



PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Penulisan

Kapal Tanker merupakan kapal yang dikhususkan mengangkut muatan cair. Banyak kebutuhan-kebutuhan yang amat penting guna kelancaran pengoperasian kapal tersebut, seperti halnya kebutuhan menggerakkan mesin jangkar, memanaskan bahan bakar, minyak lumas, cargo, dll. Untuk memenuhi kebutuhan diatas kapal tersebut perlu dilakukan berbagai macam cara agar kebutuhan tersebut dapat dipenuhi dengan sebaik-baiknya. Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan mengkonversikan energi yang terkandung dalam bahan bakar konvensional menjadi uap yang dibutuhkan untuk menggerakkan Turbin.

Namun dalam mengkonversikan energi dari bahan bakar konvensional menjadi uap yang dibutuhkan dalam pengoperasian kapal tersebut, hanya dapat dilakukan dengan pembangkit tenaga uap (*ketel uap*).

Menyadari betapa pentingnya kebutuhan yang diperlukan kapal tersebut, terutama dibidang konversi energi, sehingga mendorong penulis untuk menganalisa salah satu alat konversi energi tersebut, yaitu alat pembangkit tenaga uap (*ketel uap*) sebagai topik dalam tugas akhir.

Ketel uap atau Steam boiler adalah suatu perangkat yang disusun sebagai alat pemindah panas dan digunakan untuk menghasilkan uap air. Uap air ini digunakan sebagai suatu media pembawa tenaga kaloris, yang selanjutnya digunakan untuk tujuan yang direncanakan seperti proses pemanas, dan penggerak mesin Bantu.

Bagian utama dari ketel uap yaitu ruang bakar atau *furnace*. Ruang bakar ini merupakan tempat untuk melakukan proses pembakaran bahan bakar yang gunanya untuk tempat terjadinya perubahan fase air menjadi uap.

I.2 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan ini adalah terutama untuk meneliti kerugian panas pada ketel uap jenis pipa air berkapasitas 16 ton uap panas lanjut per jam pada kapal dengan cara:

- I.2.1 Menganalisa perhitungan perpindahan panas yang terjadi di ruang bakar secara radias, konduksi dan konveksi.
- I.2.2 Menghitung kerugian-kerugian panas yang terjadi didalam ruang bakar ketel uap.
- I.2.2 Menghitung efisiensi ketel uap secara umum.

I.3 Pembatasan Masalah

Dalam penulisan ini, penulis membatasi masalah pada ketel uap jenis pipa air dengan produksi 16 ton uap panas lanjut per jam dan tekanan operasi 16 kg/cm²serta berbahan bakar minyak residu. Penulis juga membatasi masalah pada perhitungan kerugian panas yang terjadi didalam ketel uap pipa air.

I.4 Metodologi penulisan

I.4.1 Penelitian Pustaka

Yaitu metode yang memaparkan permasalahan yang ada berdasarkan data dan informasi dari sumber yang tertulis dan buku-buku pustaka yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas.

1.4.2 Pengamatan lapangan

Melakukan pengamatan langsung untuk mencari data dan informasi dilapangan untuk mengetahui bentuk komponen-komponen serta proses yang terjadi pada ketel uap.

1.5 Sistematika penulisan

Sistematika ini terbagi dalam beberapa bab, sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai : Latar Belakang, Tujuan Penulisan, Pembatasan Masalah, Metodologi Penulisan, dan Sistematika Penulisan.

BAB II. LANDASAN TEORI

Berisikan dasar-dasar teori yang berkaitan dengan ketel uap, seperti : pengertian ketel uap terutama pengertian tentang jenis ketel uap yang dibahas disini dengan menjelaskan pula bagian-bagian dari ketel tersebut , siklus thermodinamika pada ketel, pembakaran, proses perpindahan panas pada ketel uap, neraca kalor, rumus-rumus dan lain-lain.

BAB III. ANALISA DAN PERHITUNGAN

Pada bab ini, sub bagian pertama menjelaskan tentang analisa dan perhitungan bahan bakar yang meliputi reaksi pembakaran, udara pembakaran gas asap yang dihasilkan dan lain-lainnya. Pada sub bagian kedua menjelaskan tentang perhitungan pada ruang bakar ketel uap yang meliputi beban ruang bakar, derajat kehitaman ruang bakar, derajat kehitaman badan api dan temperatur di ruang bakar. Pada sub bagian ketiga menjelaskan tentang perhitungan perpindahan panas pada

ruang bakar, perhitungan kerugian-keuntungan panas pada ketel, efisiensi ketel dan lain-lainnya.

BAB IV. KESIMPULAN

Pada bab ini, sub bagian pertama merupakan kesimpulan dari hasil perhitungan dari bab-bab yang sudah disampaikan terdahulu. Pada sub bagian kedua ini merupakan saran yang ditujukan kepada instansi dimana penulis melakukan penelitian agar dilakukan perbaikan.

