

**KETEL UAP**  
**PERENCANAAN RUANG BAKAR**  
**PADA KETEL UAP DENGAN**  
**TEKANAN UAP 17 Kg / Cm<sup>2</sup>**  
**KAPASITAS UAP 18 TON/JAM**

**SKRIPSI**

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-tugas  
Dan Syarat-syarat Untuk Mencapai  
Gelar Sarjana Teknik*

Oleh :

**MUHAMMAD NUR NASUTION**  
**NIM : 00.813.0063**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MEDAN AREA**  
**MEDAN**  
**2003**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)10/1/24

**KETEL UAP**  
**PERENCANAAN RUANG BAKAR**  
**PADA KETEL UAP DENGAN**  
**TEKANAN UAP 17 Kg / Cm<sup>2</sup>**  
**KAPASITAS UAP 18 TON/JAM**

**SKRIPSI**

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-tugas  
Dan Syarat-syarat Untuk Mencapai  
Gelar Sarjana Teknik*

Oleh :

**MUHAMMAD NUR NASUTION**  
**NIM : 00.813.0063**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MEDAN AREA**  
**MEDAN**  
**2003**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area Access From (repository.uma.ac.id)10/1/24

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**


**TUGAS SARJANA**

**KETEL UAP**  
**PERENCANAAN RUANG BAKAR**  
**PADA KETEL UAP DENGAN**  
**TEKANAN UAP 17 Kg / Cm<sup>2</sup>**  
**KAPASITAS UAP 18 TON/JAM**

Oleh :  
**MUHAMMAD NUR NASUTION**  
**Nim : 00.813.0063**

**KOMISI PEMBIMBING**

Pembimbing I,

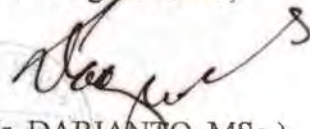
  
( Ir. AMIRSYAM NST, MT )

Pembimbing II,

  
( Ir. SURYA KELIAT )

**MENGETAHUI :**

Ka. Program Studi,

  
( Ir. DARIANTO, MSc )

Dekan,

  
( Drs. DADAN RAMDAN, M.Eng, Sc )

Tanggal Lulus : 28 Agustus 2005

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area Access From (repository.uma.ac.id)10/1/24

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

Jalan kolam No. 1 Medan Estate telp 7366878-7357771

AGENDA No. /FTJM/2003

Diterima tanggal : 18-03-2003

Paraf



Nama : MUHAMMAD NUR NASUTION

No. Stambuk : 00 813 0063

Mata kuliah : KETEL UAP

Spesifikasi : - Rencanakanlah Ruang bakar

- Kebutuhan bahan bakar

- Anallisa gas asap

- Gambar mesin

Diberikan tanggal : 22 Juli 2003


Selesai tanggal : 5 Agustus 2003

Medan, 22 Juli 2003

Ketua jurusan

  
Ir. Darianto, Msc

Dosen Pembimbing

  
Ir. Amirsyam Nst, MT

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area Access From (repository.uma.ac.id)10/1/24

## KATA PENGANTAR

Pertama sekali penulis mengucapkan puji dan syukur kepada Allah Swt, yang telah banyak melimpahkan rahmatNya kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini gunanya melengkapi salah satu syarat dalam menyelesaikan mata kuliah untuk mendapatkan gelar sarjana pada Fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area.

Dalam menyelesaikan skripsi ini penulis banyak menemui masalah umum, dan penulis sadar sepenuhnya bahwa tugas ini jauh dari kesempurnaan dengan demikian penulis berharap agar pembaca dapat memberikan saran dan kritik yang sifatnya membangun, solusi demi kesempurnaan tugas rancangan ini.

Dalam penyelesaian tugas ini penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak, maka dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. Amirsyam Nst. MT, selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan pengajaran dan dorongan kepada penulis
2. Bapak Ir. Surya Keliat, selaku Dosen Pembimbing II yang juga banyak membantu penulisan dalam menyelesaikan skripsi ini
3. Seluruh Dosen Fakultas Teknik, jurusan Teknik Mesin Universitas Medan Area, yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama mengikuti perkuliahan
4. Bapak Pengurus PT. SOCFINDO, Bangun Bandar beserta seluruh karyawannya
5. Orang Tua yang telah banyak memberikan dorongan berupa moral dan material

6. Rekan-rekan mahasiswa Universitas Medan Area jurusan Teknik Mesin yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini

Semoga Allah Swt dapat membalas segala kebaikan dan memberikan Hidayah kepada kita semua.

Medan, Agustus 2003

Penulis

(MUHAMMAD NUR NASUTION)



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Tujuan Penulisan.....	2
I.3. Manfaat Penulisan.....	3
I.4. Pembatasan Masalah.....	3
<b>BAB II GAMBARAN UMUM KETEL UAP.....</b>	<b>4</b>
II.1 Sejarah Dan Pengertian Uap.....	4
II.2. Klasifikasi Ketel Uap.....	6
II.3. Proses Pembentukan Uap.....	11
II.4. Sistem Penggunaan Uap.....	13
<b>BAB III RUANG BAKAR DAN PEMBAKARAN.....</b>	<b>19</b>
III.1. Ruang Bakar.....	19
III.2. Tungku Bakar.....	20
III.3. Bahan Bakar.....	22
III.4. Udara Pembakar.....	23
<b>BAB IV BAHAN BAKAR KETEL UAP.....</b>	<b>25</b>
IV.1. Pendahuluan.....	25
IV.2. Pemilihan Jenis Bahan Bakar.....	25

IV.3. Analisis Bahan Bakar.....	27
IV.4. Nilai Bahan Bakar.....	27
IV.5. Konsumsi Bahan Bakar .....	31
IV.6. Konsumsi Bahan Bakar .....	32
IV.7. Kalor Pembakaran .....	36
IV.8. Konsumsi Gas Uap.....	36
IV.9. Temperatur Nyala Api.....	40
IV.10. Temperatur Pembakaran.....	42
<b>BAB V PERENCANAAN DAPUR KETEL.....</b>	<b>44</b>
V.1. Perencanaan Dapur Ketel.....	44
V.2. Pipa Water Wall.....	45
V.3. Pipa Super Heater.....	55
V.4. Koefisien Pindahan Panas Sebelah Luar Pipa Super Heater.....	57
V.5. Alat Pemanasan Udara (Air Reater).....	68
V.6. Drum Ketel.....	73
V.7. Cerobong Asap.....	78
<b>BAB VI AIR PENGISIAN KETEL .....</b>	<b>81</b>
VI.1. Tujuan Water Treatment.....	81
VI.2. Sumber Air.....	81
VI.3. Pemakaian Bahan Kimia.....	82
VI.4. Urutan Prosesing Water Treatment .....	83
<b>BAB VII PERLENGKAPAN KETEL UAP .....</b>	<b>88</b>
A. Katup Pengaman.....	88



B. Manometer .....	89
C. Gelas Penduga.....	91
D. Peluit Pengaman.....	92
E. Kran Pipa Induk .....	93
F. Kran Pembuangan Air Ketel.....	94
G. Flow Meter.....	94
H. Thermometer.....	94
I. Katup/Valve.....	94
J. Fire Grate.....	95
K. Blower Hisap.....	95
L. Blower Hembus.....	96
<b>BAB VIII PROSES PENGOLAHAN MINYAK KELAPA SAWIT .....</b>	<b>97</b>
VIII.1. Stasiun Penerimaan Buah.....	98
VIII.2. Stasiun Perebusan (Sterilisasi Station).....	99
VIII.3. Stasiun Pemurnian Minyak (Clarification Station).....	103
VIII.4. Decanting Tank.....	104
VIII.5. Stasiun Kernelly.....	104
<b>BAB IX PENUTUP.....</b>	<b>105</b>
A. Kesimpulan .....	105
B. Saran .....	106

## DAFTAR PUSTAKA

## GAMBAR TEKNIK

## LAMPIRAN

## UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### *1.1.Latar Belakang*

Dewasa ini penyediaan energi merupakan hal yang penting dalam kemajuan pembangunan baik di bidang industri, pertanian maupun di bidang sarana transportasi. Berbagai usaha telah dilakukan manusia dalam usaha untuk menyediakan energi yang siap untuk dikonsumsi.

Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan tetapi dapat diubah dari suatu energi menjadi suatu energi lain. Misalnya : energi potensial dari bahan bakar menjadi energi panas dan energi panas dapat diubah menjadi energi mekanik.

Untuk merubah suatu energi menjadi bentuk lain, maka dibutuhkan suatu peralatan yang sesuai dengan energi yang dihasilkan.

Ketel uap (steam boiler ) adalah suatu pesawat tenaga (panas) yang berfungsi sebagai alat untuk mengubah air menjadi uap dengan jalan pemanasan sampai suhu tertentu sampai mendidih. Untuk proses pendidihan tersebut diperlukan panas yang didapat dari sumber panas. Misalnya dari pembakaran bahan bakar cair, gas, dan lain-lain.

Dari hasil pemanasan ini diperoleh uap yang dapat yang digunakan sebagai energi pada mesin-mesin yang terdapat di industri-industri.

Beberapa pertimbangan mengapa ketel uap pada saat ini banyak digunakan di industri-industri diantaranya adalah :

- Panas yang dihasilkan dapat dipergunakan pada temperatur konstan dan berulang-ulang.
- Uap yang dihasilkan bersih (seteril) tanpa bau dan tanpa warna
- Uap yang dihasilkan dari air harganya murah dan gampang diperoleh
- Uap yang dihasilkan dapat dipakai untuk pembangkit tenaga dan sisanya dapat digunakan untuk pemanasan serta proses pengolahan lainnya dalam bidang industri
- Energi/daya yang dihasilkan cukup besar
- Mudah disitribusikan dan dikontrol

Namun dalam usaha untuk menyediakan energi ini sering terjadi hal-hal yang merugikan misalnya kebersihan dan kenyamanan lingkungan. Oleh karena itu sampai saat ini ketel dengan energi dan teknologi dan perencanaan terus mengalami penyempurnaan guna mendapat suatu perencanaan ketel yang optimal, maka diperlukan proses yang berkesinambungan dimulai dari perhitungan dan pemeliharaan bahan yang tepat dan dilanjutkan dengan pengamatan operasinya.

Pada penulisan skripsi ini penulis mencoba membahas salah satu jenis ketel yang ada, yang digunakan sebagai alat konversi energi untuk pengolahan kelapa sawit di perkebunan kelapa sawit SOCFINDO Bangun Bandar.

## ***1.2 Tujuan Penulisan***

Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat sebagai mahasiswa teknik mesin untuk menyelesaikan studinya dan diharapkan mampu

menerangkan dan menjelaskan isi tulisan itu sendiri sebagai bukti penerapan ilmu pengetahuan selamaini dipelajari di perkulihan secara spesifik.

### ***1.3. Manfaat Penulisan***

Penulisan ini diharapkan bermanfaat bagi penulis agar dapat :

- Mengetahui pengertian ketel uap dan fungsinya
- Mengetahui penggunaan ketel pada industri
- Penerapan ilmu pengetahuan yang selama ini didapat dari bangku perkuliahan
- Mampu memberikan gambaran tentang ketel sehingga pembaca dapat mengenal dan mengetahui lebih dalam mengenai ketel.

### ***1.4. Pembatasan Masalah***

Karena banyaknya objek yang dapat diamati maka penulis membatasi ruang lingkup pembahasan, dimana penulis hanya membahas beberapa masalah yang mendasar saja yaitu antara lain :

1. Gambaran umum ketel uap
2. Penggunaan uap
3. Anallisa dan perhitungan ruang bakar dan pembakaran
4. Pemeliharaan ketel
5. Membuat suatu kesimpulan

## BAB II

### GAMBARAN UMUM KETEL UAP

#### *II.1. Sejarah Dan Pengertian Umum Ketel Uap*

Ketel uap atau sering disebut Boiler adalah kata yang berasal dari kata "Boil" yang berarti mendidih atau menguap sehingga boiler dapatlah diartikan sebagai suatu pesawat untuk membentuk uap.

Ketel uap merupakan suatu peralatan pengkonversi energi, yang mengkonversikan energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas untuk menghasilkan uap dari fluida kerja yaitu air. Pemakaian uap air sebagai sumber tenaga sudah dimulai sejak tahun 1760 dimana James Watt menemukan pesawat kalor yang pertama sekali dengan membuat instalasi tenaga uap yang terdiri dari satu unit boiler dan mesin uap. Kemudian setelah perkembangan teknologi yang semakin maju, uap tersebut dapat digunakan untuk proses industri dan juga menggerakkan turbin dimana uap terlebih dahulu dipanas lanjutkan melalui Superheater dengan tujuan merubah uap basah menjadi uap kering.

Konstruksi ketel uap berhubungan dengan sifat yang dimiliki oleh air dalam proses pembentukan uap. Naik temperatur air terjadi karena adanya panas yang diberikan oleh nyala api kepada air melalui bidang pemanas yang bersisihan langsung dengan air. Peredaran terjadi akibat air pada bagian yang panas berat jenis lebih ringan daripada lapisan atas, sehingga yang panas akan naik keatas dan yang dingin akan turun kebawah. Dengan prinsip dasar tersebut sehingga akan cepat terjadi penguapan jika cara pemanasan terus menerus.

Ketel uap terdiri dari dua komponen utama, yaitu :

- Dapur sebagai alat untuk mengubah energi kimia menjadi energi panas.
- Alat penguap yang mengubah energi pembakaran yaitu panas menjadi energi potensial uap.

Kedua komponen diatas telah dapat untuk memungkinkan sebuah ketel uap yang berfungsi menghasilkan uap. Sedangkan komponen lainnya adalah :

- Cerobong asap ( Chimney ) dengan sistem tarikan gas asapnya, memungkinkan dapur berfungsi secara efektif.
- Sistem pemipaan, seperti pipa air untuk ketel pipa air, pipa api untuk ketel pipa api, memungkinkan sistem penghantaran panas yang efektif antara nyala api dengan air ketel.
- Sistem pemanas lanjut uap, sistem pemanas udara pembakaran serta sistem pemanas air pengisi ketel uap.

Mulai abad ke 16 sudah banyak ilmuwan yang berusaha mengembangkan cara-cara penggunaan uap sesuai dengan pengetahuan yang mereka miliki, seperti HERO dari Iskandaryah yang mengembangkan prinsip turbin reaksi dan mesin jet, GIOVANI DELLA FORTA ( 1606 ) membuat tenaga uap dengan sistem kondensi, THOMAS NEWCOMEN dan JHON CHALLEY (1712) membuat pompa dengan tenaga uap yang kemudian direnovasi oleh JAMES WATT ( 1769 ) yang merancang sebuah mesin uap dengan memakai silinder dan sebuah piston dengan sebuah kondensor dan pompa.

Perencanaan tenaga uap terus berkembang, terlebih-lebih dengan adanya revolusi industri kira-kira tahun 1750 di Inggris.

Selanjutnya para ilmuwan mengembangkan peralatan penghasil uap yang disebut ketel uap. Dimana uap tersebut digunakan untuk memutar turbin yang di kopel dengan generator untuk menghasilkan tenaga listrik, tenaga listrik inilah yang digunakan sebagai penggerak motor-motor penggerak.

## II.2. Klasifikasi Ketel Uap

Ketel uap pada dasarnya terdiri dari bumbung ( drum ) yang tertutup pada ujung pangkalnya dan dalam perkembangannya dilengkapi dengan pipa air maupun pipa api.

Pada umumnya ketel uap diklasifikasikan atas :

1. Berdasarkan Fluida yang mengalir dalam pipa, maka ketel diklasifikasikan sebagai :
  - a. Ketel pipa api ( Fire Tube Boiler )
  - b. Ketel pipa air ( Water Tube Boiler )

Pada ketel pipa api, fluida yang mengalir dalam pipa adalah gas nyala ( hasil pembakara) yang membawa energi panas ( thermal energi ), yang segar mentransfernya ke air ketel melalui bidang pemanas ( heating surface ). Tujuan pipa-pipa api ini adalah untuk memudahkan disatribusi panas (kalori) kepada air ketel.

Pada ketel pipa air, fluida yang mengalir dalam pipa adalah air, energi panas ditransfer dari luar pipa ( yaitu ruang dapur ) ke air ketel.

2. Berdasarkan Pemakaiannya Ketel dapat diklasifikasikan atas :

- a. ketel Stasioner ( stationary boiler ) atau ketel tetap.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang



b. Ketel Mobil ( mobile boiler ) ketel pindah atau portable turbin.

Yang termasuk ketel stationary adalah ketel yang didudukan diatas pondasi yang tetap, seperti boiler untuk pembangkit tenaga pada industri-industri dan lain sebagainya.

Yang termasuk ketel mobile adalah ketel yang dipasang pada pondasi yang berpindah-pindah ( mobile ), seperti boiler lokomotif, lokomobil, serta termasuk ketel kapal ( marine boiler ).

3. Berdasarkan Letak dapur ( furnance position ), ketel uap dapat diklasifikasikan atas :

a. Ketel dengan pembakaran didalam ( internally fired steam boiler ) dalam hal ini dapur berada ( pembakaran terjadi ) di bagian dalam ketel. Kebanyakan ketel uap pipa api memakai sistem ini.

b. Ketel dengan pembakaran luar ( externally fired steam boiler ), dalam hal ini dapur berada ( pembakaran terjadi ) di bagian luar ketel. Kebanyakan ketel uap pipa air memakai sistem ini.

4. Menurut Jumlah Lorong ( boiler tube ), ketel diklasifikasikan atas :

a. ketel dengan lorong tunggal ( single tube steam boiler ).

b. Ketel dengan lorong ganda ( multi tube steam boiler )

Pada single tube steam boiler, hanya terdapat satu lorong saja apakah itu lorong api atau saluran air saja. Chornish boiler adalah single fire tube boiler dan simple vertikel boiler adalah single water tube boiler. Multi fire tube boiler misalnya kabel scotch dan multi water tube boiler misalnya ketel B dan W dan lain sebagainya.

5. Tergantung Pada Poros tutup drum ( shell ), ketel dikalsifikasikan atas

a. ketel tegak ( vertikal steam boiler ) seperti ketel chochran, ketel crackson.



b. Ketel Mobil ( mobile boiler ) ketel pindah atau portable turbin.

Yang termasuk ketel stationary adalah ketel yang didudukan diatas pondasi yang tetap, seperti boiler untuk pembangkit tenaga pada industri-industri dan lain sebgainya.

Yang termasuk ketel mobile adalah ketel yang dipasang pada pondasi yang berpindah-pindah ( mobile ), seperti boiler lokomotif, lokomobil, serta termasuk ketel kapal ( marine boiler ).

3. Berdasarkan Letak dapur ( furnance position ), ketel uap dapat diklasifikasikan

atas :

- a. Ketel dengan pembakaran didalam ( internally fired steam boiler ) dalam hal ini dapur berada ( pembakaran terjadi ) di bagian dalam ketel. Kebanyakan ketel uap pipa api memakai sistem ini.
- b. Ketel dengan pembakaran luar ( externally fired steam boiler ), dalam hal ini dapur berada ( pembakaran terjadi ) di bagian luar ketel. Kebanyakan ketel uap pipa air memakai sistem ini.

4. Menurut Jumlah Lorong ( boiler tube ), ketel diklasifikasikan atas :

- a. ketel dengan lorong tunggal ( single tube steam boiler ).
- b. Ketel dengan lorong ganda ( multi tube steam boiler )

Pada single tube steam boiler, hanya terdapat satu lorong saja apakah itu lorong api atau saluran air saja. Chormish boiler adalah single fire tube boiler dan simple vertikel boiler adalah single water tube boiler. Multi fire tube boiler misalnya kabel scotch dan multi water tube boiler misalnya ketel B dan W dan lain sebagainya.

5. Tergantung Pada Poros tutup drum ( shell ), ketel dikalsifikasikan atas

UNIVERSITAS MEDAN AREA ketel tegak ( vertikal steam boiler ) seperti ketel chochran, ketel crackson.

Document Accepted 10/1/24

- b. Ketel mendatar ( horizontal steam boiler ), seperti ketel chornis, landcasire, scotch.

6. Menurut Bentuk Dan letak pipa, maka ketel uap diklasifikasikan atas :

- a. ketel dengan pipa lurus, bengkok dan berlekuk-lekuk ( straight, bent, and sinous tubuler heating surface )
- b. ketel dengan pipa miring datar, dan miring tegak ( horizontal or vertikal tubuler heating surface ).

7. Menurut sistem peredaran air ketel ( water circulation ), maka ketel uap dibedakan atas :

- ✓ Ketel dengan peredaran alam ( natural circulation steam boiler )
- ✓ ketel dengan peredaran paksa ( forced circulation steam boiler )

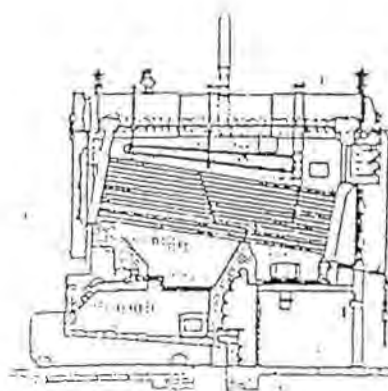
Pada natural circulation boiler, peredaran air dalam ketel terjadi secara alami, yaitu air yang ringan naik sedangkan air yang berat turun, sehingga terjadilah aliran konveksi alami. Umumnya ketel beroperasi secara aliran alami, seperti ketel lankarshire, Babcock dan Wilcox dan lain-lain.

Pada ketel dengan aliran paksa ( forced circulation steam boiler ),lairan paksa diperoleh dari sebuah pompa sentripugal yang digerakkan dengan elektri motor misalnya. Sistim aliran paksa dipakai pada ketel-ketel yang bertekanan tinggi seperti La- Mot Boiler, Benson boiler, Loeffler Boiler dan Velkan Boiler.

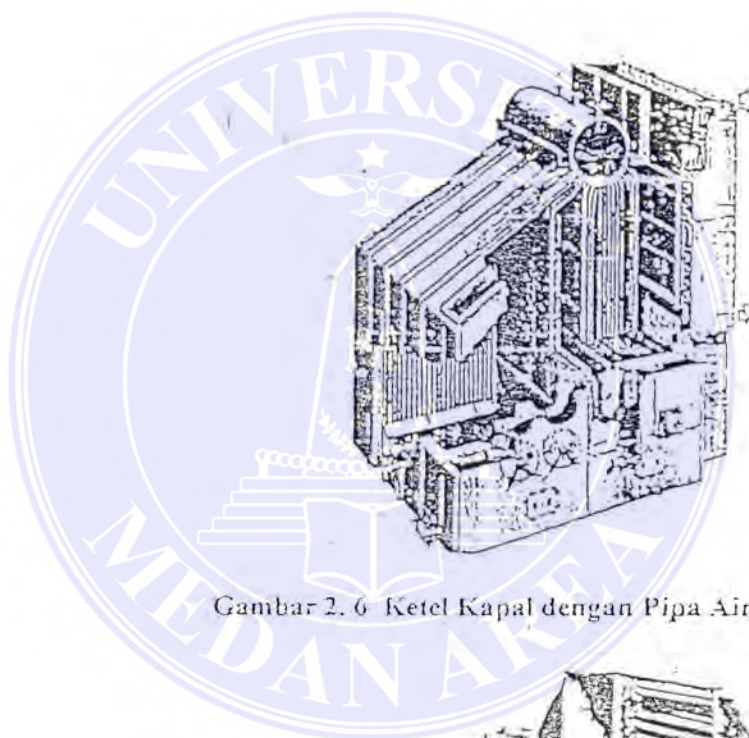
8. Tergantung pada sumber panasnya ( heat source ) untuk pembuatan uap, ketel diklasifikasikan sebagai :

- a. Ketel uap dengan bahan bakar alami.

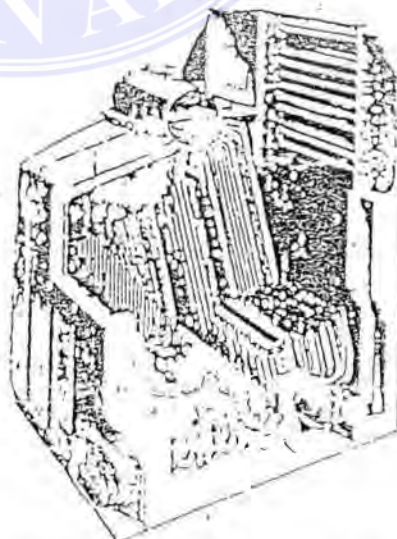
- c. Ketel uap dengan bahan bakar buatan.



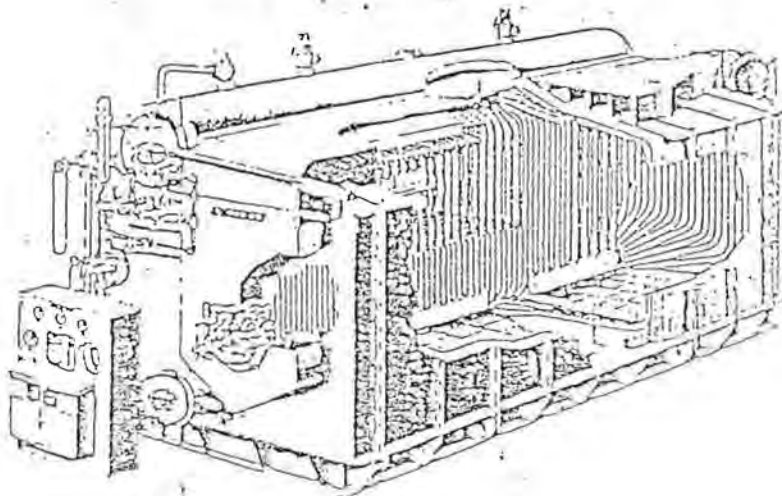
Gambar 2. 5 Ketel dengan Pipa Air Lurus Mendatar



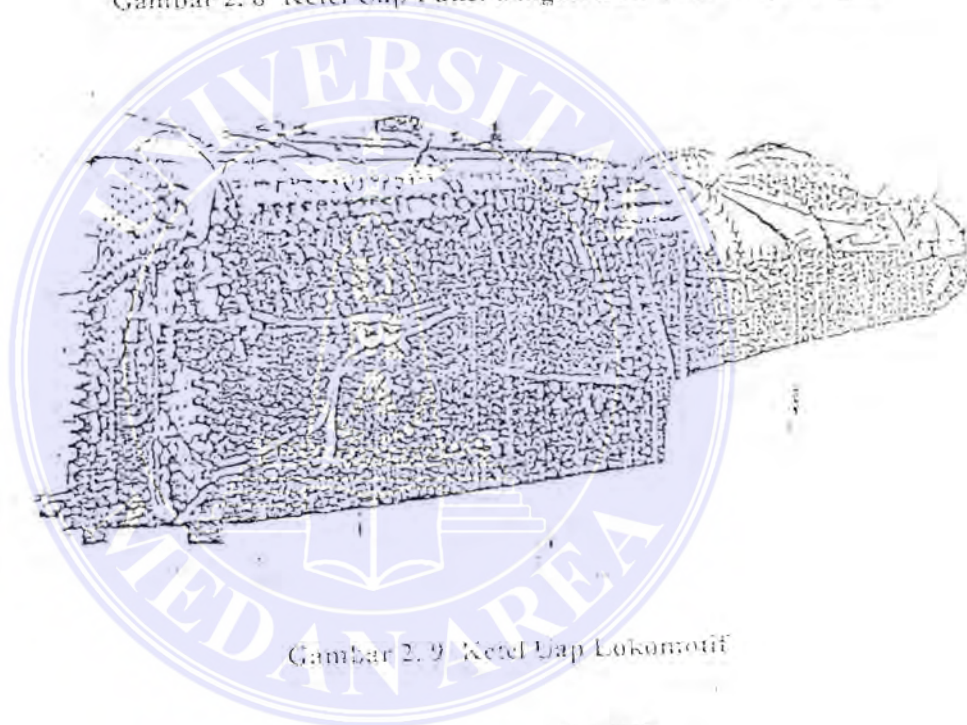
Gambar 2. 6 Ketel Kapal dengan Pipa Air Tegak 2 Drum



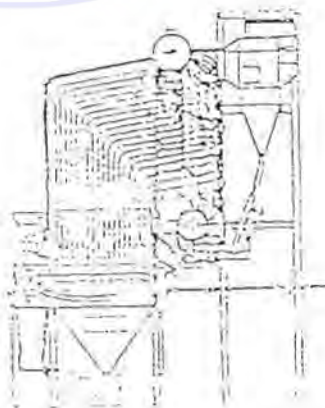
Gambar 2. 7 Ketel Kapal dengan Pipa Air Miring 2 Drum



Gambar 2. 8 Ketel Uap Paket dengan Dua Drum Pipa Tegak



Gambar 2. 9 Ketel Uap Lokomotif

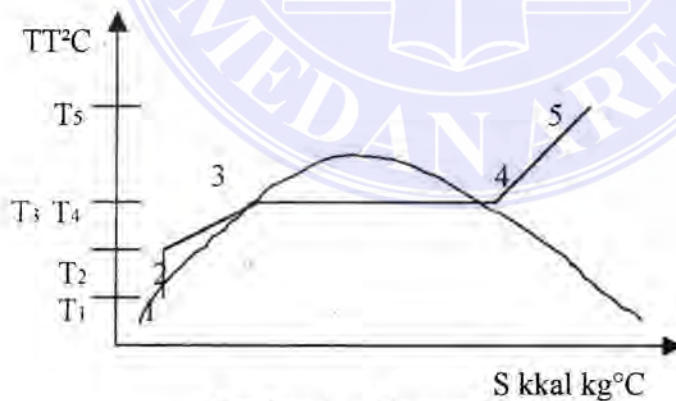


Gambar 2. 10 Ketel dengan Pipa Bengkok

### II.3. Proses Pembentukan Uap

Secara umum fluida kerja yang dipanaskan pada ketel uap adalah air ( $H_2O$ ), karena bersifat ekonomis dan mudah didapat serta mengikuti hukum-hukum termodinamika. Dan sebagai fluida kerja, air sangat mudah diatur untuk mendapatkan sifat-sifat yang kita inginkan.

Penguapan adalah terjadinya proses perubahan fasa dari suatu cairan menjadi uap. Apabila panas diberikan pada air, maka suhu air akan naik. Naiknya suhu air ini seiring dengan meningkatnya kecepatan gerak molekul air. Jika panas terus bertambah secara perlahan-lahan, kecepatan gerak molekul airpun akan semakin meningkat terus, sehingga pada suatu titik dimana moleku-molekul air akan mampu melepaskan diri dari lingkungannya ( $100\text{ }^\circ\text{C}$  tekanan  $1\text{ atm}$ ), maka air secara berangsur-angsur akan berubah fasa menjadi bentuk uap, hal inilah yang disebut penguapan. Perubahan fasa air menjadi uap dapat digambarkan dalam diagram T-S berikut ini :



Gambar. 1.1 Diagram T-s

1-2 Proses pemompaan air kedalam ketel secara isovolume dan isentropis

2-3 Proses pemanasan atau fasa secara isolar dan isothermis

3-4 Proses pemanasan air didalam ketel ( proses pembentukan uap jenuh) secara isobar dan isothermis.

4-5 Proses pemanasan lanjut mencapai uap kering secara isobar.

Pada proses pemanasan air didalam pompa dari temperatur  $t_1(^{\circ}\text{C})$  menjadi  $t_2 (^{\circ}\text{C})$  maka panas yang dihasilkan adalah :

$$Q_{1-2} = ma.cv (\Delta T)$$

Dimana :

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

Ma = massa air ( kkal/jam )

Cv = panas jenis air ( kkal/kg  $^{\circ}\text{C}$ )

Pada proses pemanasan terus dilanjutkan dari temperatur  $T_2$  menjadi  $T_3$  maka panas yang dihasilkan sebesar :

$$Q_{2-3} = ma.cv (\Delta T)$$

Dimana :

$$\Delta T = T_3 - T_2$$

ma = massa air ( kkal/jam )

cv = panas jenis air ( kkal/kg  $^{\circ}\text{C}$ )

Jika pemanasan secara terus menerus diberikan maka terlihat pada diagram T -S temperatur air tidak akan naik lagi akan tetapi menjadi perubahan fasa air menjadi fasa uap.

Seluruhnya akan menjadi uap pada tempertatur  $T_4 (^{\circ}\text{C})$

Jumlah panas yang diserap selama proses transformasi adalah :

$$Q_{3-4} = m a \cdot Ch \text{ ( kkal/kg}^{\circ}\text{C )}$$

Setelah proses perubahan fasa menjadi uap keseluruhan diberikan proses kembali, maka temperatur uap menjadi  $T_5$  (  $^{\circ}\text{C}$  ) panas untuk menaikkan temperatur tersebut adalah :

$$Q_{4-5} = m u \cdot c_{pu} \text{ ( } \Delta T \text{ )}$$

Dimana :

$$\Delta T = T_5 - T_4$$

$$c_{pu} = \text{panas jenis uap ( kkal/kg}^{\circ}\text{C )}$$

$$m u = \text{massa uap ( kg/jam )}$$

Uap dari hasil pemanasan dapat dibagi dalam tiga bagian, yaitu :

1. Uap basah, yaitu uap yang masih mengandung bagian-bagian ( butiran-butiran ) air yang halus, dimana temperatur uap dan air sama.
2. Uap jenuh, yaitu uap yang tidak lagi mengandung bagian-bagian air yang lepas, dimana pada tekanan tertentu berlaku suhu tertentu yang tetap.
3. Uap kering, yaitu uap yang diperoleh dari pemanasan lanjut dari uap jenuh, dimana tekanan tertentu suhu naik.

#### ***II.4. Sistem Penggunaan Uap***

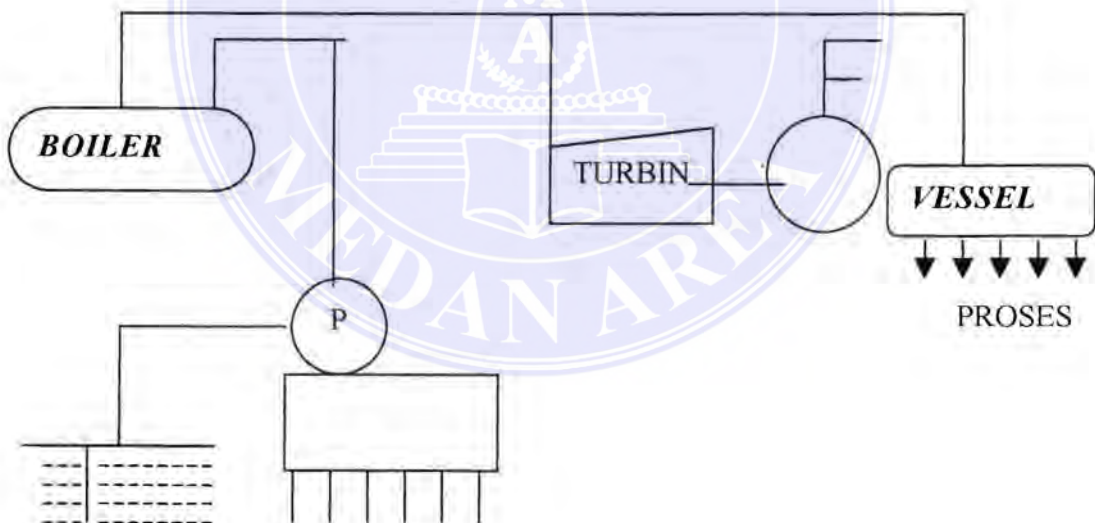
Sistem penggunaan uap yang dimaksud adalah sistem yang digunakan untuk mengalirkan uap yang proses atau dihasilkan dari ketel, hingga sampai ke turbin dan proses pengolahan pada pabrik.

Secara teknis ada beberapa sistem distribusi dalam penggunaan uap yang dapat dilakukan yaitu :

1. Sistem paralel
2. Sistem seri
3. Sistem seri dengan by pass
4. Sistem terpisah

#### a.d. 1 . sistem terpisah

Pada sistem ini, turbin serta unit proses ditempatkan secara paralel, dimana keduanya akan menerima uap dari ketel secara bersamaan. Instalasi distribusi tersebut dapat dilihat dari gambar di bawah ini.



Gambar I . Sistem Paralel .



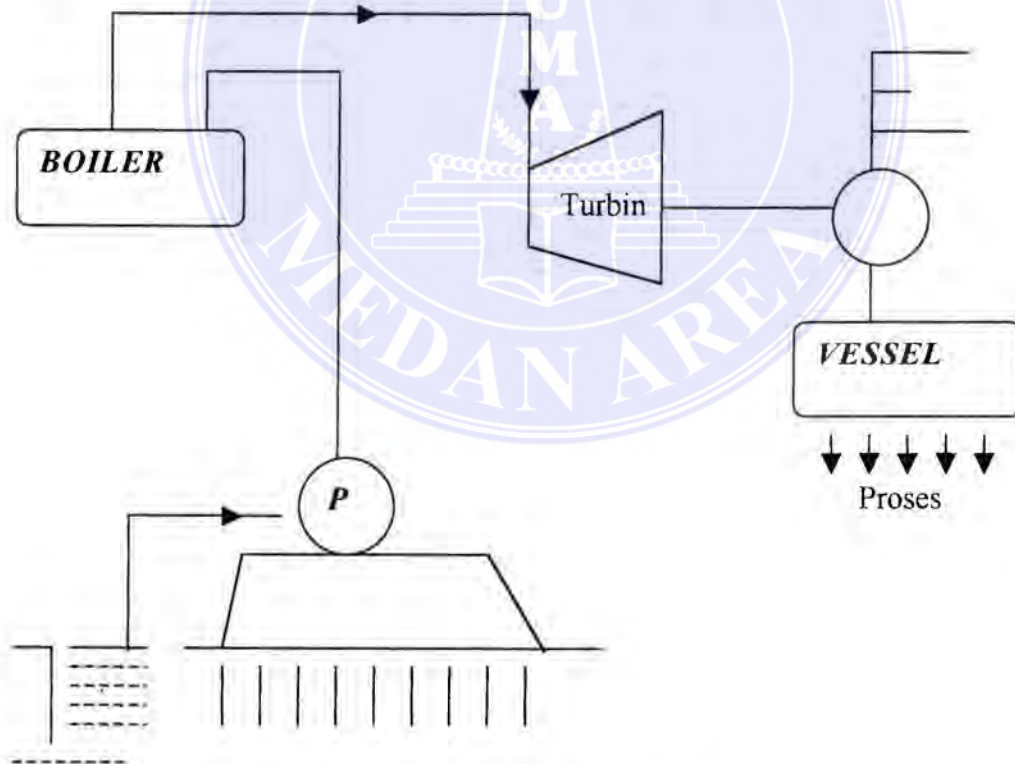
Pada proses ini dapat menghasilkan temperatur dan tekanan yang tinggi untuk unit proses.

Sementara keburukan dari proses ini adalah:

- Kapasitas uap yang dihasilkan harus lebih besar
- Pengoperasiannya harus lebih tinggi, serta biaya pemakaiannya cukup tinggi akibat dari pemakaian uap yang besar.

### a.d.2. Sistem Seri

Pada sistem ini turbin dan unit proses dihubungkan secara seri. Dimana uap yang digunakan pada turbin selanjutnya digunakan lagi untuk unit proses.



Gambar 2 . Sistem Seri

Keuntungan dari sitem ini adalah:

- Jumlah uap yang dibutuhkan untuk unit proses yang sama akan lebih kecil jika dibandingkan dengan sitem paralel.
- Ukuran dari ketel dapat lebih kecil
- Biaya pengoperasiannya lebih murah

Kerugian dari sitem ini adalah:

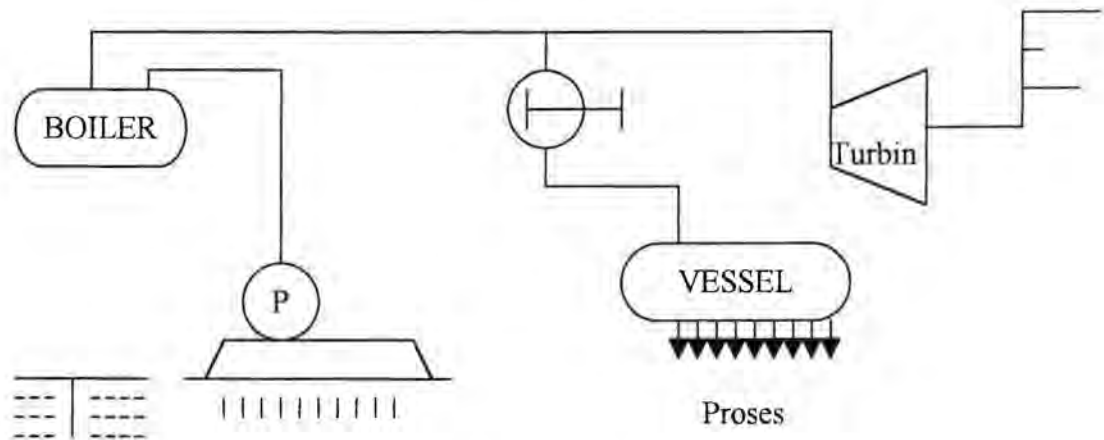
- Kapasitas untuk unit proses tergantung pada unit turbin yang dioperasikan.
- Tekanan dan temperatur uap tergantung pada uap bekas turbin

### **a.d.3. Sistem Seri Dengan By Pass**

Sitem ini merupakan penyempurnaan dari sitem yang telah ada. Pada sitem ini adanya penambahan peralatan by pass sehingga mendapatkan kebaikan-kebaikan sebagai berikut:

- Dapat mencegah terjadinya penurunan temperatur serta tekanan uap pada saat pemakaian uap yang banyak.
- Supaya uap ke unit proses dapat diatur melalui by pass, sehingga efisiensi pemakaian uap dapat dijaga

Dengan adanya perbaikan pada sitem ini maka diperlukan pula tambahan peralatan pada super heater.

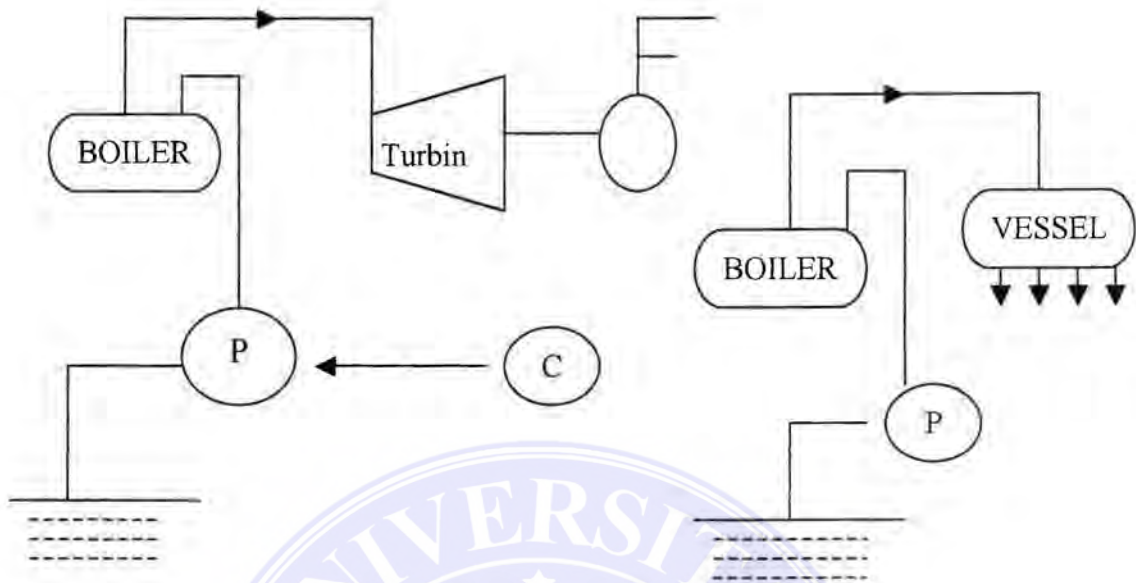


Gbr. Sistem seri by pass

#### a.d.4. Sistem Terpisah

Pada sistem ini unit turbin dan unit proses masing-masing menggunakan uap tersendiri. Adapun keuntungan dari sistem ini adalah:

- Pemilihan terhadap ketel lebih mudah, karena hanya disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing unit.
- Pemakaian dapat diatur untuk masing-masing unit secara terpisah.
- Dalam keadaan turbin tidak beroperasi, ketel uap dapat dihentikan begitu pula dengan unit proses.



Gambar 4. Sistem Terpisah

Setelah mempertimbangkan keuntungan dan kerugian serta kebaikan dari penggunaan sistem ini, maka penulis lebih cenderung memilih sistem segi dengan by pass.

Hal ini didasarkan pada keuntungan dan kerugian di atas juga terhadap kebutuhan uap pada proses pengolahan kelapa sawit tidak terlalu tinggi yaitu pada temperatur  $133^{\circ}\text{C}$  dan tekanan  $3 \text{ Kg/cm}^2$ . Keadaan ini dapat direncanakan sedemikian rupa, sehingga uap bekas yang keluar dari turbin sedikit di atas kondisi uap yang dibutuhkan.

menghalangi energi panas tersebut keluar. Ruang bakar diisolasi dengan dinding beton dari batu bata khusus yang mampu meredam panas dan tahan temperatur tinggi.

Peralatan-peralatan yang ditempatkan di dinding ruang bakar selain pipa-pipa api yaitu :

1. Manhole, sebagai tempat masuknya orang kedalam ruang bakar untuk mengadakan pemeriksaan atau pembersihan ketel.
2. Peralatan pemasukan bahan bakar.
3. Saluran udara sekunder berfungsi untuk memasukkan udara dari samping ruang bakar.
4. Lubang intip yang berfungsi sebagai alat melihat keadaan pembakaran didalam ruang bakar.
5. Force Draft Fan ( FDF ) yang berfungsi untuk menghembuskan udara ke ruang dapur.
6. Induced Draft Fan ( IDF ) yang berfungsi untuk menghisap udara panas untuk di buang ke cerobong asap.

### **III.2 Tungku Bakar**

Jenis-jenis tungku bakar berdasarkan penempatannya didalam ruang bakar ketel uap adalah :

#### **A. Tungku depan**

Terletak didepan dari ketel uap. Tuang bakarnya dikelilingi seluruhnya oleh tembok ketel dari batu tahan api, sehingga hanya sebagian kecil dari panas yang dipancarkan didalam tungku yang diterima bidang pemanas.

Tembok tersebut akan menyerap panas pembakaran dan menyimpannya dalam waktu

pembakaran rendah, atau bahan bakar yang memiliki kalor pembakaran yang rendah, atau bahan bakar yang memiliki tingkat kelembaban yang tinggi. Panas dari tembok tersebut akan memudahkan bahan bakar mencapai temperatur pembakarannya.

Kelemahan tungku ini adalah :

- Banyak membutuhkan tempat.
- Banyak panas yang terbuang.
- Setiap memulai pembakaran setelah istirahat ( berhenti ) maka diperlukan banyak waktu dan kalor untuk menaikkan temperatur dinding tembok terlebih dahulu.
- Untuk bahan bakar yang memiliki nilai pembakaran yang tinggi, maka jenis ini sama sekali tidak cocok, karena temperatur api yang tinggi yang dihasilkan akan cepat merusak tembok-tembok tersebut

## B. Tungku dalam

Terletak sama sekali dikelilingi oleh bidang yang dipanaskan dari ketel uap. Karena itu panas yang diserap oleh penyerap panas (air ) akan lebih besar. Dengan demikian temperatur di dalam tungku menjadi rendah, juga tidak cocok untuk bahan bakar yang menghasilkan jelaga yang banyak. Kerugian panas karena pancaran panas oleh tungku keluar sedikit sekali dan juga tungku dalam banyak menyita ruangan.

Tungku jenis ini umumnya dipakai untuk ketel pipa api dimana disekeliling dinding ruang bakar adalah berisi air dan air ini bertindak sebagai pendingin dari ruang bakar. Kerugian dari jenis ini adalah terbatasnya ukuran-ukuran tungku tergantung dari dimensi ketel uapnya atau tergantung dari besarnya silinder api, karena panjang rangka tidak lebih dari 2 m.

### C. Tungku bawah

Tungku bawah adalah tungku dimana dinding-dinding tengkunya dikelilingi oleh pipa-pipa air, baik seluruhnya maupun sebagian. Karena dinding tungku terdapat pipa-pipa air maka penyerapan panas akan langsung diterima oleh bidang yang dipanaskan.

Tungku ini umumnya banyak digunakan pada ketel uap pipa air, dan dalam perencanaan ini juga menggunakan jenis tungku ini.

Keuntungan tungku bawah adalah :

- Kerugian kalor radiasi dari bahan bakar cukup kecil sebab kalor radiasi langsung diterima oleh dinding penguap.
- Sangat cocok untuk bahan bakar yang memiliki kalor tinggi.
- Ukuran rangka bakar sangat fleksibel tergantung dari jenis bahan bakar dan kapasitas uap yang diinginkan.

### III.3 Bahan Bakar

Bahan bakar adalah sumber energi yang akan dimanfaatkan untuk membangkitkan uap. Dalam perencanaan ini bahan bakar akan diambil dari sisa produksi yaitu cangkang dan serabut dengan berbagai pertimbangan. Cangkang dan serabut tersebut dimasukkan kedalam ruang bakar secara tercampur dengan tujuan agar pembakaran bahan bakar tersebut sempurna dalam arti semua bahan bakar habis terbakar. Seperti kita ketahui cangkang dan serabut tersebut memiliki luas permukaan kontak dengan  $O_2$  lebih besar. Ini sangat berguna berada diantara cangkang yang berbentuk kecil dan padat, sehingga dapat diharapkan semua cangkang akan terbakar.

Pemasukan bahan bakar keruang bakar tanpa memilah-milah perbandingan antara serabut dan cangkang, sehingga perbandingan tersebut sesuai dengan besarnya kandungan cangkang dan serabut didalam buah sawit yaitu serabut sebesar 13 % dan cangkang sebesar 6 %. Perbandingan tersebut sudah memadai karena bila cangkang terlalu banyak dapat mengakibatkan cangkang tersebut mengumpul dan menggumpal dilantai dapur tanpa terbakar.

Pemasukan bahan bakar keruang bakar diatur oleh kecepatan feeder dan dikontrol oleh seorang operator. Bahan bakar juga ditebarkan keruang bakar oleh operator yang bekerja sehingga bahan bakar tersebut tersebar secara merata keseluruh rangka bakar. Ini dimaksudkan untuk lebih memungkinkan terbakarnya semua bahan bakar secara sempurna.

#### **III.4 Udara Pembakaran**

Udara pembakaran memasuki ruang bakar dengan dua jalan, yaitu :

- Udara memasuki dapur melalui bagian bawah rangka bakar yang berkisi-kisi dengan bantuan fan farikan tekan.
- Udara memasuki dapur melalui bagian atas bahan bakar di rangka bakar.

Udara primer ini akan menerbangkan abu sebagian ke atas dan sebagian akan jatuh ke bawah rangka bakar melalui kisi-kisi rangka bakar.

Fan udara akan menekan udara pembakaran untuk memasuki ruang bakar ketel. Kebutuhan udara pembakaran harus cukup untuk melangsungkan proses pembakaran dengan baik. Untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna maka digunakan udara



berlebih sebesar 30 % dengan harapan bahan bakar dapat terbakar seluruhnya, sehingga energi yang terkandung di dalam bahan bakar dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin.

Pemasukan udara primer berkisar 90 % dari kebutuhan udara total. Aliran udara skunder dihembuskan ke dalam tungku dari atas rangka bakar dan tegak lurus dari aliran nyala api. Jumlah udara skunder yaitu berkisar 10 % dari kebutuhan total udara. Dengan pemasukan udara pembakaran seperti diatas dapat diharapkan pembakaran yang terjadi adalah sempurna.



## BAB IX

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan serta analisa yang dilakukan penulis dilapangan maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Ketel uap yang di gunakan adalah ketel uap pipa api dengan merk VICKERS buatan australia dengan kapasitas uap 18 ton/jam
2. Uap yang dihasilkan di gunakan untuk memutar turbin, keperluan daerator serta untuk proses pengolahan buah kelapa sawit, dimana uap yang digunakan untuk proses pengolahan berasal dari uap yang keluar setelah memutar turbin
3. Tekanan uap yang di hasilkan oleh ketel = $21 \text{ kg/cm}^2$
4. Bahan bakar yang di gunakan adalah cangkang dan serabut
5. Jumlah bahan bakar yang di gunakan untuk menghasilkan uap = $3620,8 \text{ kg/jam}$
6. Nilai pembakaran bawah bahan bakar = $4597,175 \text{ kkal/kg}$
7. Nilai pembakaran atas bahan bakar = $4769,3 \text{ kkal/kg}$
8. Kebutuhan udara tiap jam = $348531,5696 \text{ kg/jam}$
9. Jumlah pipa water wall =151 batang  
Jumlah pipa back pass =480 batang
10. Diameter dalam drum =2,66 meter dengan tebal = $1,512241 \text{ cm}$
11. Kecepatan gas asap keluar dari cerobong asap 18,18 m/detik
12. Suhu uap keluar dari pipa super heater  $300^\circ\text{C}$
13. Efisiensi ketel sebesar 80%

14. Dari hasil analisa yang dilakukan penulis, jika dibandingkan dengan data-data yang diperoleh di lapangan tidak jauh berbeda, dengan demikian, bahwa pengoperasian ketel uap di PT SOCFINDO berjalan dengan baik serta ketel yang digunakan masih layak untuk digunakan.

## **B. Saran**

1. Untuk pembakaran yang sempurna harus diperhatikan pemberian udara yang berlebihan karena sangat berpengaruh terhadap pembakaran di dapur.
2. Untuk proses kerja boiler hendaknya di perhatikan kebutuhan bahan bakar, kebutuhan udara, analisa gas asap, temperatur air umpan serta temperatur uap keluar dari ketel untuk lebih meningkatkan efisiensi ketel.
3. Sebelum melakukan pengoperasian, ketel uap harus di perhatikan prosedur dan petunjuk yang telah ditentukan untuk menghindari bahaya yang terjadi.
4. Sebaiknya ketel uap harus dirawat dan di jaga dengan baik agar dapat bertahan lama.
5. Dilakukan insfeksi terhadap ketel uap sekali dalam sebulan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Ir. Syamsir A. Muin, **PESAWAT-PESAWAT KONVERSI ENERGI I (KETEL UAP)**, Edisi Pertama, Penerbit CV. Rajawali Jakarta, 1988.
2. Djoko Setiarjo, M.J. 1987, **KETEL UAP**, Jakarta Pradya Paramita, Cetakan Pertama.
3. Djoko Setiarjo, M.J. 1987, **KETEL UAP**, Jakarta Pradya Paramita, Cetakan Kedua.
4. Helman, J.P. 1995, **PERPINDAHAN KALOR**, Jakarta. PT. Erlangga Edisi Keenam.
5. Kreith Frank. 1991, **PRINSIP-PRINSIP PERPINDAHAN PANAS**, Jakarta, PT. Erlangga. Edisi Ketiga.
6. Sugiono, Bambang A.P. 1995, **DASAR-DASAR TERMODINAMIKA TEKNIK DAN PERPINDAHAN PANAS**.
7. Babcock and Wilcock, **STEAM GENERATING AND USE**, 38<sup>th</sup> Edition 1972.
8. Laporan Kerja Praktek Yang Dilakukan Di PT. SOCFINDO Bangun Bandar.