

# **ANALISA RUANG BAKAR BOILER KAPASITAS UAP 20 TON/JAM**

**TUGAS AKHIR**

**O  
L  
E  
H**

**YONALDO ERLANDI. H**  
**09.813.0006**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2011**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/12/23

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)14/12/23

# ANALISA RUANG BAKAR BOILER KAPASITAS UAP 20 TON / JAM

## TUGAS AKHIR


Oleh :

YONALDO ERLANDI. H  
09.813.0006

Disetujui :

Pembimbing I

Pembimbing II


  
(Ir. H. Amirsyam Nst., MT.)

  
(Ir. Amru Siregar, MT)

Mengetahui :

Dekan

Ka. Program Studi

  
(Ir. H. Haniza, MT)

  
(Ir. Amru Siregar, MT)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/12/23

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

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>ABSTRAK</b>	
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	i
<b>DAFTAR ISI.....</b>	iii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Batasan Masalah.....	3
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Manfaat .....	3
1.5. Metode Pengumpulan Data.....	4
<b>BAB II. LANDASAN TEORI</b>	
II.1. Tinjauan Umum.....	5
II.2. Komponen Komponen Ketel Uap.....	7
II.3. Klasifikasi Kketel Uap.....	9
3.1. Berdasarkan Fluida Yang Mengalir Dalam Pipa.....	9
3.2. Berdasarkan Posisi Ruang Bakar ( <i>Furnance</i> ).....	12
3.3. Berdasarkan Penggunaannya (Pemakaiannya).....	13
3.4. Berdasarkan Banyaknya Pipa (Tube).....	14
3.5. Berdasarkan Sistem Peredaran Air Ketel.....	14
3.6. Berdasarkan Bentuk dan Letak Pipa.....	16
3.7. Berdasarkan Kapasitas Uap Yang Dihasilkan.....	16
3.8. Berdasarkan Tekanan Kerja.....	16
3.9. Berdasarkan Sumber Panasnya.....	16



II.4. Bagian-Bagian Ketel Uap.....	16
4.1. Dapur Ketel.....	16
4.1.1. Tungku Depan.....	23
4.1.2. Tungku Dalam.....	24
4.1.3. Tungku Bawah.....	26
4.2. Pipa <i>Water Wall</i> .....	26
4.3. Drum Ketel ( <i>Steam Drum</i> ).....	27
4.4. Pipa Super Heater.....	27
II.5. Bahan Bakar dan Pembakaran.....	29
5.1. Defenisi Bahan Bakar.....	29
5.2. Klasifikasi Bahan Bakar.....	29
5.2.1. Bahan Bakar Padat.....	29
5.2.2. Bahan Bakar Cair.....	29
5.2.3. Bahan Bakar Gas.....	30
5.3. Karakteristik Bahan Bakar.....	30
5.4. Kandungan Energi Bahan Bakar.....	31
5.4.1. Nilai Kalor Atas.....	31
5.4.2. Nilai Kalor Bawah.....	31
II.6. Perpindahan Panas Pada Ruang Bakar.....	32
6.1. Perpindahan Panas Secara Pancaran (Radiasi).....	32
6.2. Perpindahan Panas Secara Rambatan (Konduksi).....	33
6.3. Perpindahan Panas Secara Aliran (Konveksi).....	34

## ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan akan energi yang semakin tinggi setiap tahunnya membutuhkan perhatian yang serius dalam penanganan dan perhitungannya.

Dalam hal perhitungan dibutuhkan data dan analisa yang akurat sehingga bisa memperbaiki dan menyimpulkan solusi yang akan dicapai untuk hal yang lebih baik lagi. Sama juga halnya dengan penanganan ruang bakar pada boiler yang memang membutuhkan penanganan yang baik agar kemampuannya bisa terus terjaga, seperti penjagaan suhu ruang bakar, perambatan panas dan juga kebutuhan akan udara.

Dalam industri seperti sekarang ini penggunaan boiler sudah banyak digunakan untuk berbagai keperluan seperti pembangkit listrik ataupun untuk keperluan menjalankan proses produksi. Merek dan tipe boiler juga cukup beragam seperti merek boiler yang dibahas adalah boiler dengan merek Takuma dengan tipe N-600 SA dengan tipe boiler adalah boiler dengan dinding pipa air. Boiler dengan tipe ini menggunakan bahan bakar dengan campuran antara serat (*fibre*) dan cangkang (*shell*) sawit.

Campuran bahan bakar yang digunakan memiliki perbandingan yaitu 75 % serat (*fibre*) dan 25 % cangkang (*shell*).

Dalam pembahasan judul analisa runang bakar boiler dengan kapasitas boiler sebesar 20 ton/jam ini terjadi 3 sifat perpindahan panas, yaitu :

1. Perpindahan panas secara konduksi
2. Perpindahan panas secara konveksi
3. Perpindahan panas secara radiasi

## ABSTRACT

The increasing of energy every year is become higher and higher and it is needs seriously to handle and to count it.

In the way to count it is need correctly data and analysis so that can be prepare and give some conclusion to have some solution to reach the better things.

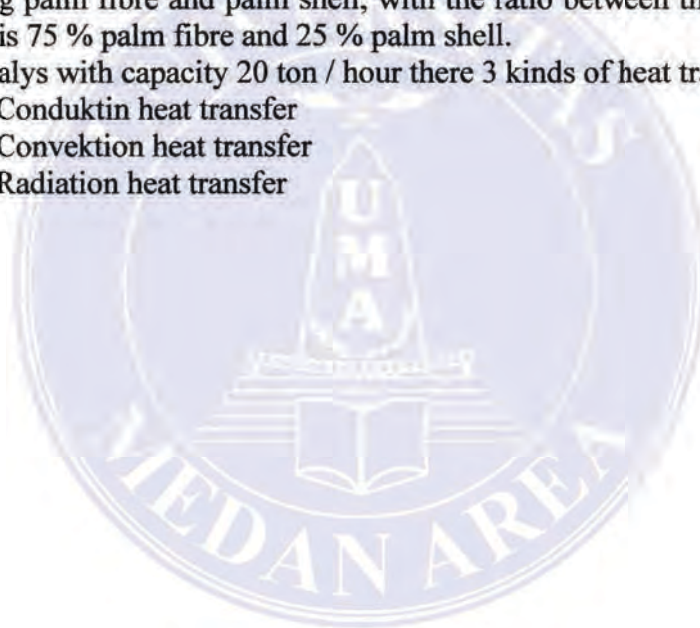
It is the same things to handle the furnance of the steam boler also need to be a good handling so it can keep the performance likes temperature in the furnance, heat transferring and air consumption.

Right now in the industry the using of boiler is take so many things, they can use to produce the power plant or fot the simple of produce the industry product. There are many kind and tepy of the boiler such as in this analys the kind of the boiler is Takuma boiler with the type Takuma N-600 SA water wall boiler.

This boler using palm fibre and palm shell, with the ratio between the palm fibre and palm shell is 75 % palm fibre and 25 % palm shell.

In the boiler analys with capacity 20 ton / hour there 3 kinds of heat transfer :

1. Conduktin heat transfer
2. Convektion heat transfer
3. Radiation heat transfer





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Perkembangan ilmu dan teknologi di negara-negara maju dewasa ini berkembang dengan pesat. Indonesia sebagai salah satu negara yang sedang berkembang juga terus ikut berusaha memacu diri menghadapi berbagai kendala dalam ketinggalannya di bidang teknologi. Teknologi memegang peranan penting sangat penting dan menentukan dalam usaha melancarkan lajunya roda pembangunan nasional. Peningkatan pembangunan nasional sekaligus dapat memperluas kesempatan kerja yang juga dapat meningkatkan pendapatan perkapita dari suatu negara.

Adapun pembangunan dan teknologi harus didukung oleh energi yang mencukupi dan merupakan sumber terpentin dari kebutuhan yang sangat mendasar. Salah satu energi yang sangat penting dan dibutuhkan dewasa ini adalah energi listrik, energi ini pemakaiannya sangat luas sekali, mulai dari prasarana rumah tangga sampai untuk kebutuhan penggerak peralatan-peralatan industri. Energi listrik bersumber dari generator listrik, generator listrik berfungsi untuk mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik. Untuk mencapai hal tersebut maka generator listrik harus digerakkan oleh suatu penggerak mula (*prime mover*) yang memanfaatkan beberapa sumber tenaga antara lain yaitu pemanfaatan energi nuklir, energi panas, matahari, energi panas bumi, energi air, energi angin dan energi kalor. Sampai saat ini, walaupun sudah banyak

dikembangkan mesin-mesin penggerak mula, namun ketel uap atau generator masih memegang peranan penting.

Ketel uap atau generator uap termasuk mesin kalor (*thermal engine*) yang mentransfer energi-energi kimia menjadi kerja atau usaha. Generator uap berfungsi sebagai tempat untuk menghasilkan uap, energi kinetik dari uap yang dihasilkan tersebut mempunyai suhu dan tekanan tertentu yang digunakan untuk memutar turbin uap sehingga dapat beroperasi seefisien mungkin. Dengan adanya energi kinetik uap yang digunakan langsung untuk memutar turbin uap, maka dapat dikatakan juga bahwa kemajuan teknologi turbin uap sangat dipengaruhi oleh kondisi uap yang dihasilkan.

Pertumbuhan dan perkembangan industri baik kecil maupun besar, sangat mempengaruhi peningkatan pemakaian energi listrik. Sama halnya dengan PT. Kawasan Industri Dumai yang tergabung dalam unit usaha Wilmar International, membutuhkan energi listrik untuk proses pengolahan dan operasional dalam kawasan pabrik dan industrinya.

Untuk memenuhi kebutuhan akan sumber daya listrik maka Kawasan Industri Dumai yang tergabung dalam unit usaha Wilmar International tersebut mengusahakannya salah satu dengan cara membangun pembangkit listrik (*power plant*) sendiri. Salah satu pembangkit listrik yang dimiliki adalah pembangkit listrik tenaga uap. Uap yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik melalui turbin uap yang dihasilkan oleh ketel uap. Ketel uap atau boiler adalah alat yang menghasilkan uap yang dengan energi panas yang diberikan mengubah air menjadi uap.

Komponen utama dari boiler adalah ruang bakar dan alat penguap.  
UNIVERSITAS MEDAN AREA

Kedua komponen tersebut sudah dapat memungkinkan ketel beroperasi.

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



Komponen utama dari boiler adalah ruang bakar dan alat penguap. Kedua komponen tersebut sudah dapat memungkinkan ketel beroperasi. Ruang bakar merupakan tempat terjadinya proses pembakaran. Untuk menghasilkan kualitas uap yang baik diperlukan pembakaran yang sempurna dan juga perpindahan panas yang efisien. Efisiensi boiler dipengaruhi oleh panas yang masuk dan panas yang keluar. Efisiensi boiler ditingkatkan dengan cara mengurangi rugi-rugi kehilangan panas dalam ruang bakar yang diakibatkan tidak tersedianya pembakaran yang sempurna dan radiasi pembakaran.

Untuk mengetahui berapa besar kerugian panas dalam ruang bakar dibutuhkan analisa. Didasari hal tersebut di atas, penulis memilih judul tentang ruang bakar ketel uap jenis ketel pipa air dengan tekanan  $23 \text{ kg/cm}^2$ , yaitu “Analisa Ruang Bakar Boiler Berkapasitas 20 ton/jam”.

## **I.2. Batasan Masalah**

Dalam tugas akhir ini penulis hanya membahas tentang :

1. Konstruksi ruang bakar
2. Analisa perpindahan panas pada ruang bakar

## **I.3. Tujuan**

1. Menganalisa konstruksi ruang bakar.
2. Menganalisa perpindahan panas pada ruang bakar.

1. Salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Strata 1 di Universitas Medan Area.
2. Bahan perbandingan bagi para pembaca dan mahasiswa yang membahas hal yang sama.
3. Penambah pengetahuan bagi penulis agar nantinya setelah bekerja di lapangan dapat dijadikan sebagai rujukan.

### I.5. Metode Pengumpulan Data

Penulis memperoleh data untuk laporan tugas akhir ini dari :

1. Pelaksanaan dan penerapan secara langsung serta pengamatan dan pengambilan data dalam dunia kerja yang dilakukan.
2. Konfirmasi kepada pihak perusahaan dan *leader*.
3. Studi literatur dari buku-buku referensi yang menyangkut tentang ruang bakar baik dari *manual book* atau *hand-out* yang ada.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **II.1. Tinjauan Umum**

Ketel uap adalah pesawat konversi untuk mengubah air menjadi uap melalui proses pemanasan hingga mendidih. Untuk mendidihkan air menjadi uap diperlukan kalor, kalor yang diperlukan ketel uap dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar dengan oksigen.

Dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, manusia terus berusaha untuk mengembangkan dan mempelajari pembuatan ketel uap hingga mempelajari serta mengamati kegunaan uap, dan pada tahun 1769 seorang ilmuwan Inggris yang bernama James Watt mendapatkan hak paten mesin uap pertama di dunia dan oleh karena itu dia disebut penemu mesin uap.

Bagian utama ketel uap adalah pendidih yang berfungsi untuk mendidihkan air. Pada prinsipnya bagian pendidih berupa tangki tertutup berisi air tidak penuh, dipanasi oleh nyala api pembakaran dan gas asap yang bersuhu tinggi, maka terjadi perpindahan kalor dari nyala api dan gas asap ke air yang berada di dalam tangki melalui dinding bidang pemanas. Bidang pemanas adalah bidang pada pendidih yang mendapatkan pemanasan dari nyala api pembakaran atau gas asap yang bersuhu tinggi.

Akibat dari perpindahan kalor, maka temperatur air menjadi naik sampai akhirnya terbentuk gelembung-gelembung uap air yang bersinggungan dengan bidang pemanas, karena berat jenis uap air lebih kecil dari berat jenis air di

sekitarnya maka gelembung-gelembung akan naik ke atas, sementara air yang

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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



berada di permukaan akan turun ke dasar tangki, air ini akan lebih panas sehingga akan terbentuk gelembung-gelembung uap yang akan bergerak ke atas hingga akhirnya gelembung-gelembung uap yang akan bergerak ke atas hingga akhirnya gelembung-gelembung uap ini akan pecah ke permukaan air, keadaan semacam ini disebut mendidih atau titik didih air.

Mula-mula saluran uap akan ditutup, maka uap yang berada di atas permukaan air tidak dapat mengalir keluar pendidih. Karena pemanasan dilakukan kontiniu maka uap yang akan terbentuk terus-menerus, sehingga tekanan akan menyebabkan kenaikan titik didih. Setelah tekanan uap jenuh yang diinginkan tercapai, maka saluran uap dibuka sehingga uap jenuh akan mengalir keluar pendidih sebagai hasil ketel uap. Pada saat saluran uap dibuka, tekanan didalam pendidih tidak naik atau konstan

Karena pembentukan uap dalam pendidih secara kontiniu, berarti air didalam pendidih berkurang dan berubah secara kontiniu menjadi uap, maka air isian dialirkan masuk kedalam secara kontiniu. Air isian adalah umpan yang telah diolah dalam ekonomiser. Air isian ini juga bertujuan agar permukaan air didalam pendidih selalu diatas garis api sehingga pengoperasian ketel bisa dalam keadaan aman dan baik. Garis api adalah batas tertinggi pendidih yang mendapatkan pemanasan dari nyala api atau gas asap yang bersuhu tinggi.

Apabila permukaan air didalam pendidih turun sampai dibawah garis api, maka bidang pemanas diatas permukaan air menjadi tidak dibahasi oleh air, sehingga suhu bidang tersebut menjadi sangat tinggi dan kekuatannya akan menurun hingga akhirnya tangki pendidih akan rusak karena tidak kuat menahan

Ketel uap adalah suatu pesawat yang berfungsi sebagai pesawat konversi energi yang berfungsi mengkonversi energi kerja (potensial) dari bahan bakar menjadi energi panas atau kalor, atau ketel uap sering didefinisikan sebagai suatu bejana tertutup yang mengubah air dari fase cair menjadi uap dengan cara pemanasan atau pemberian kalor hingga menghasilkan uap.

## II.2. Komponen-komponen Ketel Uap

### a. Komponen Utama

Untuk melakukan pemanasan maka diperlukan energi panas yang diperoleh dari sumber panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar.

Dengan demikian ketel uap tersebut harus mempunyai komponen-komponen utama, yaitu :

#### i. Dapur (*Furnance*)

Sebagai alat untuk merubah energi kimia bahan bakar menjadi energi panas.

#### ii. Alat Penguap (*Evaporator*)

Sebagai media yang merubah energi pembakaran (energi panas) menjadi energi potensial uap.

### b. Komponen-komponen Penunjang

Dalam pengoperasiannya ketel juga memerlukan komponen penunjang sebagai kelengkapan.

Kedua komponen tersebut di atas sudah dapat untuk memungkinkan ketel beroperasi dan dijalankan untuk menghasilkan uap, namun untuk mendapatkan

kerja ketel yang efektif, maka disediakan komponen-komponen penunjang

UNIVERSITAS MEDAN AREA

lainnya yang terdiri dari:

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

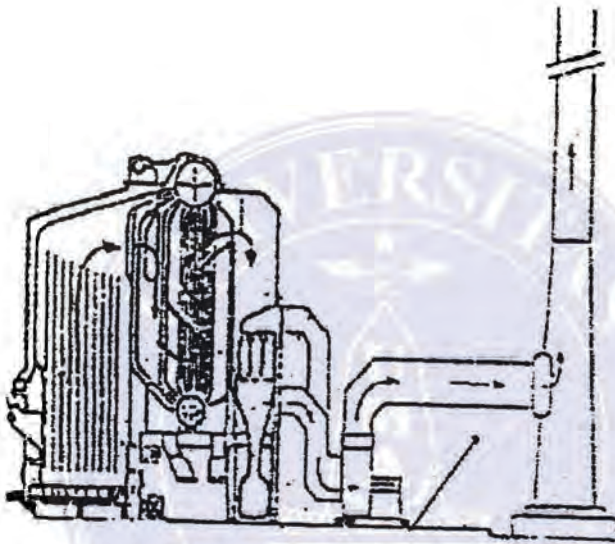
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area



### i. Cerobong Asap

Cerobong asap biasanya berbentuk seperti cerobong yang memiliki bentuk makin keatas semakin kecil diamerterinya. Sistem dengan tarikan gas asapnya, memungkinkan dapur dapat bekerja dengan efektif.



Gbr.2.1. Cerobong Asap

### ii. Sistem Pemipaan

Seperti pada ketel pipa api, pipa-pipa api dan pipa-pipa air pada ketel pipa air yang memungkinkan sistem penghantaran kalor yang efektif antara nyala api (gas panas) dengan air ketel.

### iii. Sistem Panas Uap Lanjut

Sistem pemanas uap pembakaran serta sistem-sistem pemanas air pengisi ketel yang berfungsi sebagai alat untuk menaikkan efisiensi ketel.

### iv. Sistem Pengamanan (*Appendage*)

Alat-alat yang dipasang pada pesawat uap untuk menjamin supaya

ketel uap tersebut dapat berfungsi dan bekerja dengan aman.



Peralatan ini juga berfungsi sebagai pedoman dan pengukur pada pesawat uap.

### II.3. Klasifikasi Ketel Uap

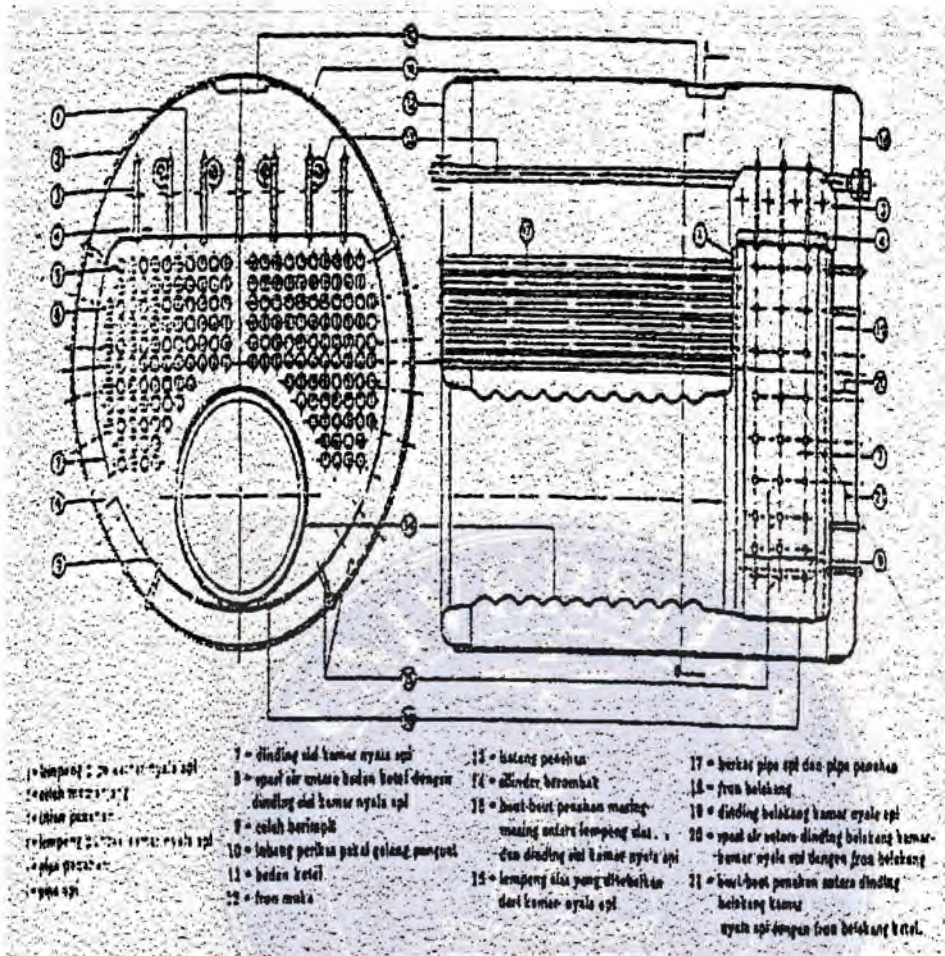
Dengan semakin luasnya pemakaian ketel uap, maka dalam pengoperasiannya timbul berbagai ragam tipe ketel uap yang pengklasifikasiannya tergantung pada sudut pandang masing-masing.

#### 3.1. Berdasarkan fluida yang mengalir dalam pipa

##### a. Ketel pipa api (*fire tube atau stroke tube boiler*)

Pada ketel pipa api (*fire tube boiler*) ini, fluida yang mengalir dalam pipa adalah gas nyala (hasil pembakaran) yang membawa energi panas (*thermal energy*) yang segera mentransfernya ke air ketel melalui bidang pemanas (*heating surface*). Tujuan pipa-pipa ini adalah untuk memudahkan distribusi panas (kalor) kepada air ketel. Umumnya ketel ini digunakan untuk memproduksi uap dengan kapasitas kecil dan tertentu.

Konstruksi ketel uap pipa api ini berupa silinder yang berisi air, didalamnya terdapat susunan pipa-pipa kecil yang disebut pipa api. Keseluruhan pipa-pipa terendam didalam air sehingga panas dari gas asap yang mengalir didalamnya dapat diserap oleh air yang berada disekeliling pipa-pipa tersebut. Selain pipa api, didalam silinder ketel juga terdapat lorong api yang berfungsi sebagai ruang bakar tempat dimana bahan bakar dibakar yang menghasilkan panas yang akan digunakan untuk



Gbr.2.2. Ketel Pipa Api

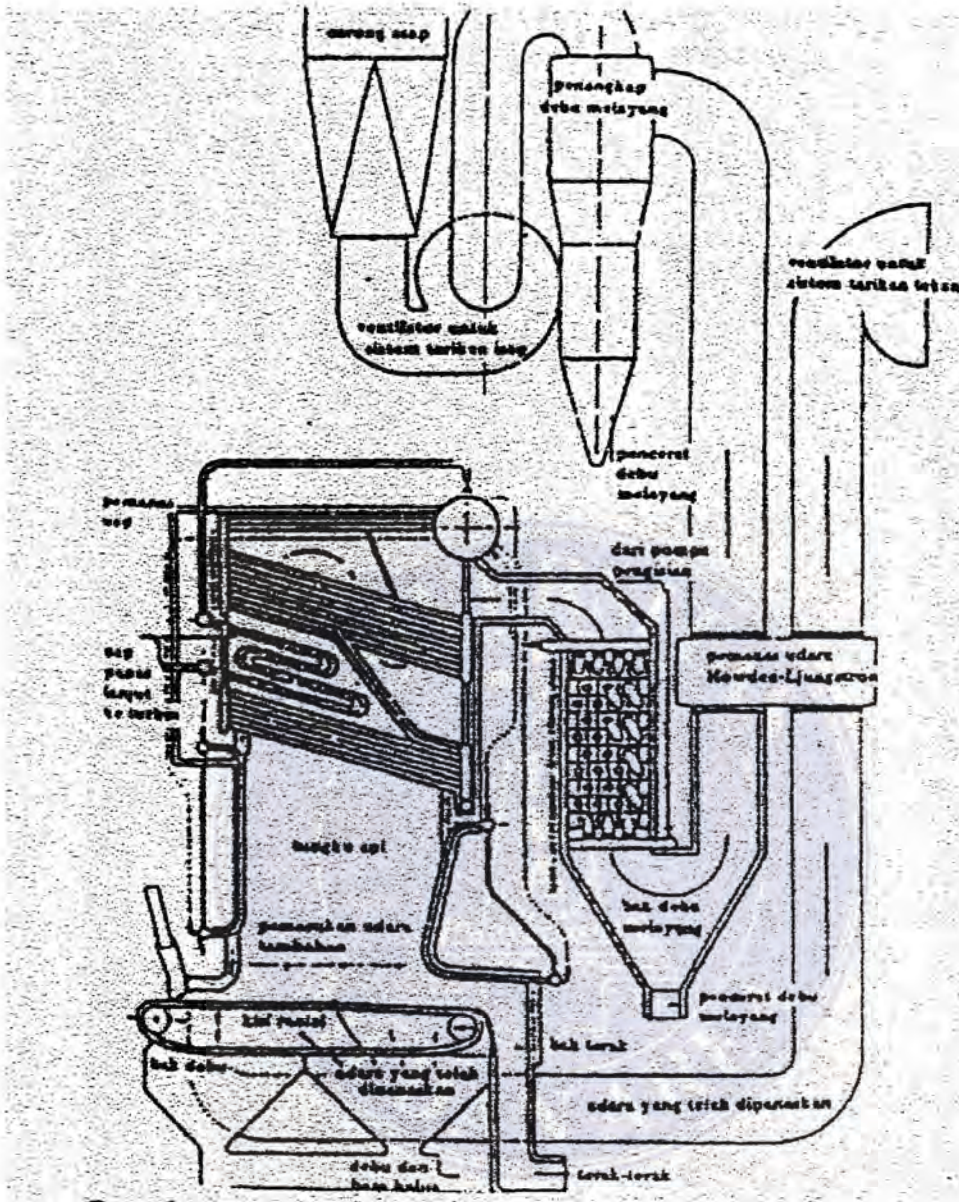
**b. Ketel pipa air (water tube boiler)**

Pada ketel pipa air, air berada dalam pipa dan di luarnya dikelilingi oleh api atau gas panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Umumnya ketel ini digunakan untuk memproduksi uap dengan kapasitas besar.

Konstruksi ketel uap pipa-pipa air merupakan susunan pipa-pipa pendidih yang didalamnya dialiri air dan pada bagian luarnya dipanasi oleh gas asap

atau nyala dari pembakaran.





Gbr.2.3. Ketel Pipa Air

Kebaikan ketel pipa air dibandingkan dengan ketel pipa api adalah :

- Produksi uap yang besar dalam satuan waktu yang sama
- Proses pembentukan uap lebih cepat
- Berat ketel relatif lebih kecil untuk menghasilkan jumlah uap



- Permukaan yang dipanaskan (*heating surface*) jauh lebih besar dan efektif
- Kerusakan pada satu *water tube* tidak mengakibatkan kerusakan pada seluruh ketel uap.

Keburukan ketel pipa air dibandingkan dengan ketel pipa api

- *Feed water* memerlukan pembersihan untuk mencegah *scale* yang terjadi di dalam pipa-pipa. Jika *scale* terjadi di dalam pipa mengakibatkan terjadinya *overheating* dan rusaknya pipa-pipa
- Banyak memakai penembokan dari batu-batu tahan api, sehingga harus mendapat perawatan yang baik
- Karena menghasilkan uap yang besar, pada isi air yang kecil, maka permukaan air harus diawasi dengan teliti, sehingga memerlukan alat-alat otomatis yang biaya pengoperasiannya besar.

### 3.2. Berdasarkan posisi ruang bakar (*furnance*)

#### a. Ketel uap pembakaran dalam (*internally fired boiler*)

Tipe boiler yang menggunakan pembakaran dalam banyak digunakan.

Dalam *internally fired boiler*, dapur (*furnance*) terletak dalam *boiler shell*.

Kebanyakan ketel pipa api menggunakan sistem ini.

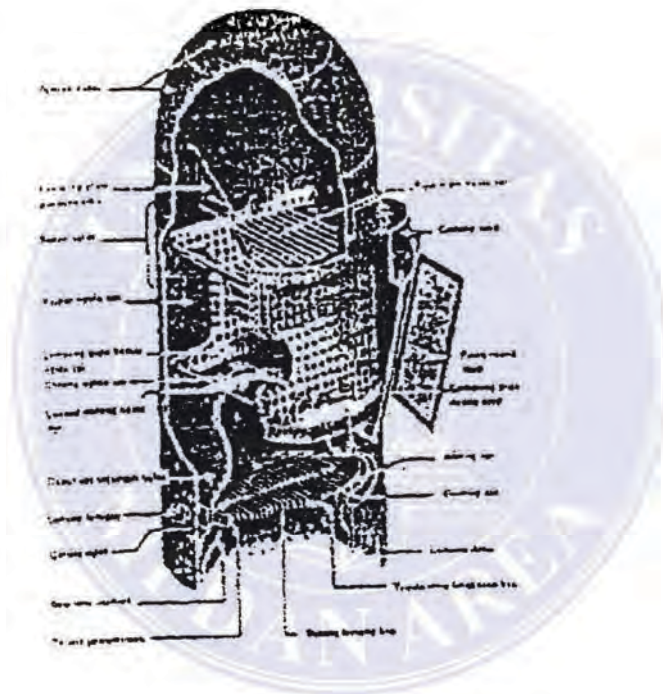
#### b. Ketel uap pembakaran luar (*externally fired steam boiler*)

Dalam *externally fired steam boiler*, dapur (*furnance*) terletak di bawah

### 3.3. Berdasarkan penggunaannya (pemaikannya)

#### a. Ketel stasioner (*stationary boiler*)

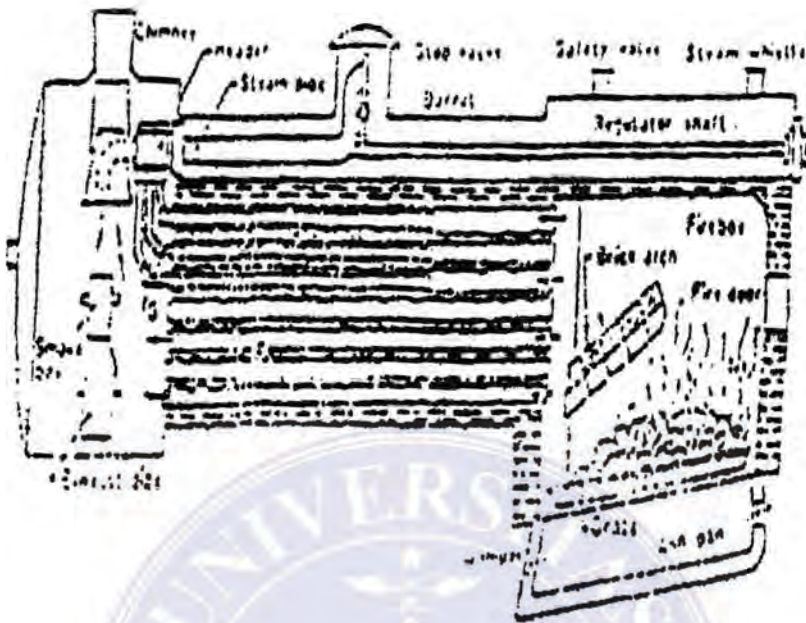
Adalah ketel yang dudukannya pada suatu pondasi yang tetap, seperti *boiler* yang digunakan pada pembangkit industri. *Stationary steam boiler* digunakan dalam *power plant*.



Gbr.2.4. Ketel Uap Stasioner

#### b. Ketel mobil (*mobile boiler*)

Adalah ketel yang dipasang pada pondasi yang berpindah-pindah (*mobile*), seperti *locomotive boiler* dan ketel panjang serta lainnya yang termasuk di dalamnya adalah ketel kapal (*marine boiler*).



Gbr.2.5. Ketel Mobile

### 3.4. Berdasarkan banyaknya pipa (tube)

#### a. Ketel uap pipa tunggal (single tube boiler)

Dalam *single tube boiler* hanya ada satu pipa, yaitu *fire tube* atau *water tube*.

#### b. Ketel uap berpipa banyak (multi tube boiler)

Dalam *multi tube boiler* ada dua atau lebih *fire tube* atau *water tube*.

### 3.5. Berdasarkan sistem peredaran air ketel

#### a. Ketel uap dengan peredaran alami (natural circulation)

Dalam *natural circulation steam boiler* sirkulasi air ringan naik, sedangkan air yang berat turun, sehingga aliran konveksi alami.





### 3.6. Berdasarkan bentuk dan letak pipa

- Ketel dengan pipa lurus, bengkok dan berlekuk-lekuk (*straight, bent and simous tubuler heating surface*)
- Ketel dengan pipa miring, datar, tegak (*horizontal, inclened over vertical tubuler heating surface*)

### 3.7. Berdasarkan kapasitas uap yang dihasilkan

- Small boiler* (maksimum 10 ton uap/jam)
- Medium boiler* (10-100 ton uap/jam)
- Large boiler* (di atas 100 ton uap/jam)

### 3.8. Berdasarkan tekanan kerjanya

- Ketel uap tekanan rendah (dibawah 20 atm)
- Ketel uap tekanan sedang (20 – 50 atm)
- Ketel uap tekanan tinggi (diatas 50 atm)

### 3.9. Berdasarkan sumber panasnya

- Bahan bakar (padat, gas, cair)
- Listrik
- Proses kimia
- Solar shell* (matahari)
- Nuklir

## II.4. Bagian-bagian Ketel Uap

Komponen pada ketel memiliki beberapa bagian yang utama yang memiliki peranan dan fungsi yang cukup mendasar diantaranya :

### 4.1. Dapur Ketel

Dapur ketel adalah bagian yang cukup penting guna menghasilkan uap.



Proses pembakaran bahan terjadi pada ruang bakar. Bahan bakar yang dimasukkan akan dibakar dengan nyala atau api yang telah disiapkan. Untuk proses pembakaran dibutuhkan udara dan bahan bakar yang proses pencampurannya berlangsung dalam ruang bakar ketel. Udara pembakaran tersebut diperoleh dari beberapa kipas udara pembakaran seperti :

### **1. Force Draft Fan (FDF)**

*Force Draft Fan* atau kipas udara tekan paksa ini adalah kipas udara tekan yang utama yang biasanya memiliki ukuran yang paling besar dari kipas udara tekan yang ada pada perlengkapan udara pembakaran pada sistem ruang bakar boiler dan memberikan massa udara yang paling besar . Kipas ini memberikan *supply* udara yang paling banyak atau kipas yang memberikan *supply* udara utama dalam sistem pembakaran di ruang bakar boiler tersebut.

Udara pembakaran tersebut ditekan dan disalurkan melalui saluran (*ducting*) udaranya sendiri yang diteruskan hingga sampai ke ruang bakar yang disalurkan tepat pada bagian bawah dari ruang / tungku bakar. Jadi udara ini keluar melalui bagian bawah dasar tungku bakar (*fire grate*) di ruang bakar.

Jenis udara yang digunakan adalah udara segar yang diperoleh dari atmosfer atau udara terbuka yang ditarik dan kemudian ditekan oleh *Force Draft Fan* guna kebutuhan udara pembakaran dalam ruang bakar. Karena kapasitas dan volume udara yang dihasilkan besar maka sistem saluran udara yang digunakan pada kipas ini adalah saluran udara yang cukup besar pula.



*fire grate*

**Gbr.2.8. Konstruksi Ruang Bakar Dimana Udara Dari IDF**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang No. 17 Tahun 2001  
**Keluar Melalui Bagian Bawah Fire Grate.**

Document Accepted 14/12/23

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)14/12/23



## 2. *Secondary Draft Fan (SDF)*

*Secondary draft fan* atau kipas tekan paksa tambahan ini adalah kipas udara tekan yang memberikan udara pembakaran ke ruang bakar yang bersifat pendukung yang jumlah dan massanya lebih kecil dari jumlah udara pembersihan yang dihasilkan oleh *force draft fan*.

*Secondary draft fan* ini memberikan udaranya melalui saluran (*ducting*)-nya yang udara tersebut keluar melalui sisi-sisi samping bawah pada ruang bakar. Udara yang dihasilkan ini akan membantu untuk lebih menyempurnakan lagi proses pembakaran di ruang bakar.



saluran udara *secondary draft fan* yang masuk ke ruang bakar

**Gbr.2.9. Konstruksi Ruang Bakar Dimana Saluran Udara *SDF***

UNIVERSITAS MEDAN AREA

**Yang Masuk Ke Dalam Ruang Bakar.**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/12/23

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)14/12/23





**saluran udara *secondary draft fan* yang masuk ke ruang bakar**

**Gbr2.10. Konstruksi Ruang Bakar Dimana Saluran *SDF***

UNIVERSITAS MEDAN AREA

**Yang Masuk Ke Dalam Ruang Bakar.**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/12/23

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)14/12/23



### 3. *Recovery Burning Fan (RBF)*

*Recovery Burning Fan* adalah kipas udara tekan paksa yang memberikan udara ke dalam ruang bakar dari sisi samping dinding ruang bakar bagian belakang, namun udara yang diberikan adalah bukan udara bersih atau udara segar yang diambil dari atmosfer atau berasal dari udara terbuka, melainkan udara yang diambil dari tarikan atau saluran *economizer* yang menuju ke saluran cerobong asap. Jadi udara ini adalah udara yang memilikisuhu yang lebih tinggi dari suhu udara atmosfer atau suhu udara terbuka (*ambien* temperatur) karena berasal dari udara hasil pembakaran di ruang bakar yang akan disalurkan ke corobong asap yang terlebih dahulu dimanfaatkan untuk memanaskan air yang ada pada pipa *economizer*.

Udara ini penting dan berguna untuk dimasukkan ke dalam ruang bakar adalah karena udara ini juga banyak mengandung partikel bahan bakar yang kecil yang terbawa oleh tarikan udara yang ditarik oleh kipas tarik *Induce Draft Fan (IDF)*. Partikel bahan bakar ini terbawa dengan gas udara hasil pembakaran di ruang bakar dan akan turun dengan sendirinya karena memiliki massa yang lebih berat dari pada gas udara pembakaran murni yang dihasilkan dari pembakaran di ruang bakar dan akan terkumpul pada *hopper* atau penampung pada *economizer*. Dari bagian *hopper* itulah partikel bahan bakar tersebut dikembalikan lagi ke dalam ruang bakar dengan menggunakan bantuan *Recovery Burning Fan* untuk selanjutnya dibakar kembali bersama

UNIVERSITAS MEDAN AREA  
dengan bahan bakar yang baru.

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/12/23

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)14/12/23

Hal ini adalah penting dilakukan karena akan bisa meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar karena kemungkinan bahan bakar yang belum seluruhnya terbakar sering ikut terbawa keluar melalui gas asap pembakaran, namun dengan adanya *Recovery Burning Fan* hal itu bisa terbantu untuk diatasi.

*saluran udara Recovery Burning Fan*



**Gbr.2.11. Konstruksi Ruang Bakar Dimana Saluran RBF**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang Yang Masuk Ke Dalam Ruang Bakar.

Document Accepted 14/12/23

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

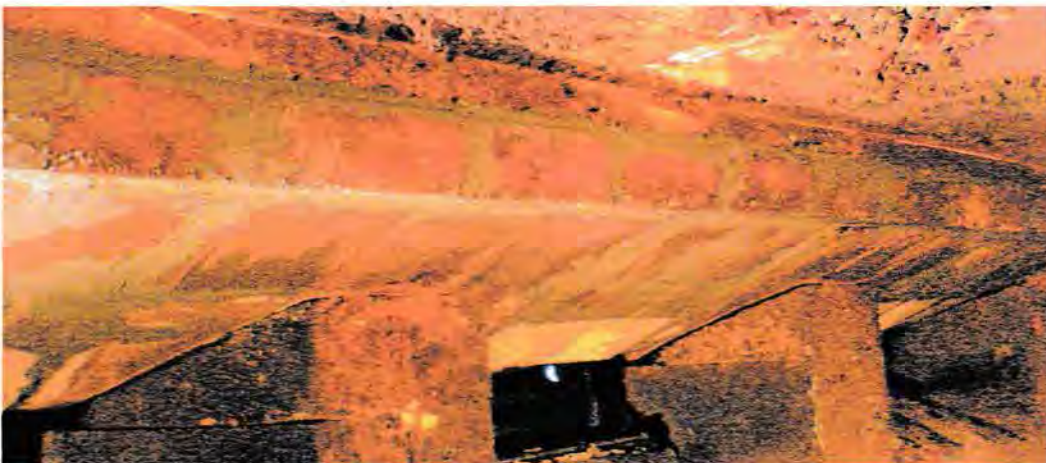


Sesuai dengan penempatannya, tungku pada ketel uap dibedakan menjadi tungku depan, tungku dalam dan tungku belakang.

#### 4.1.1. Tungku Depan

Terletak di bagian depan ketel uap. Rangka bakar dikelilingi oleh dinding-dinding tembok ketel dari batu tahan api, sehingga panas yang dipancarkan dari dalam tungku yang diterima oleh *heating surface* (bidang yang dipanaskan) hanya sebagian kecil (10-15%). Pada umumnya, tungku depan cocok untuk bahan bakar yang mempunyai nilai pembakaran yang rendah. Batu tahan api yang merupakan dinding-dinding tembok, bertindak sebagai penyimpan panas.

Bahan bakar yang mempunyai nilai pembakaran tinggi tidak cocok untuk tungku depan, karena akan mempercepat proses perusakan tembokan batu tahan api akibat dari temperatur yang dihasilkan bahan bakar yang nilai pembakarannya tinggi.



UNIVERSITAS MEDAN AREA

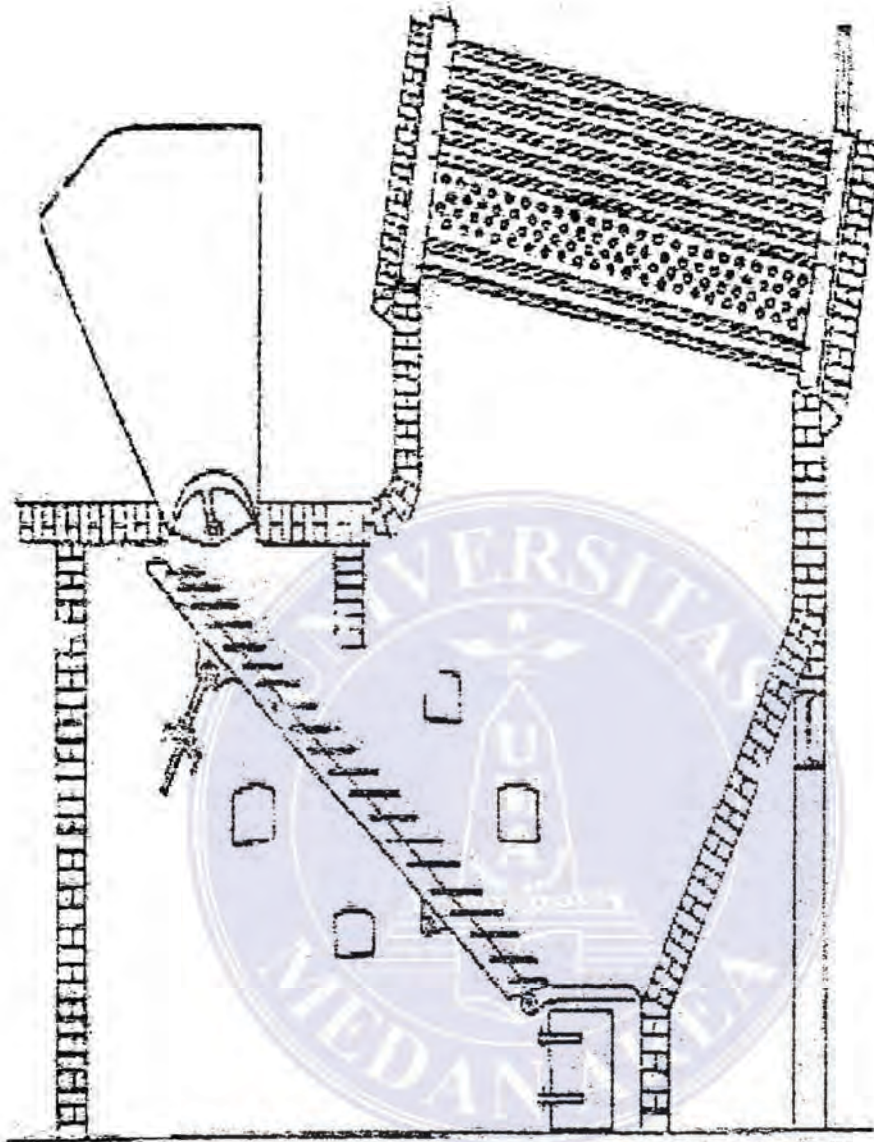
**Gbr.2.12. Tungku Depan**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/12/23

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)14/12/23



Gbr.2.13. Tungku Depan

#### 4.1.2. Tungku Dalam

Tungku dalam dikelilingi oleh bidang yang dipanaskan (*heating surface*). Panas yang diserahkan secara pancaran ke bidang yang dipanaskan sebesar 25-50% dari seluruh jumlah panas yang dihasilkan di dalam tungku. Temperatur yang dihasilkan tungku rendah, sehingga tidak cocok untuk bahan bakar dengan

UNIVERSITAS MEDAN AREA dalam juga tidak cocok untuk bahan bakar yang



Keuntungan yang diperoleh dari tungku dalam adalah tidak banyak menyita ruangan dan kerugian panas karena pancaran panas oleh ruang tungku keluar relatif kecil. Sedang kerugiannya adalah ukurannya terbatas karena ruang dimensik atau tergantung dari besarnya silinder api akibat panjang rangka bakarnya tidak lebih dari dua meter.



UNIVERSITAS MEDAN AREA

**Gbr.2.14. Tungku Dalam**

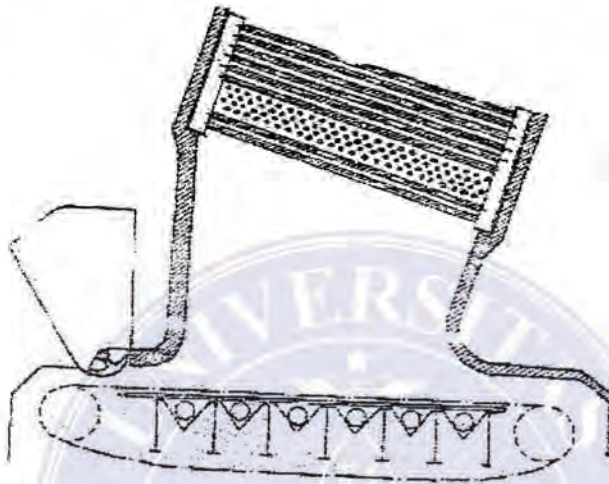
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/12/23

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)14/12/23

### 4.1.3. Tungku Bawah

Tungku bawah digunakan pada ketel-ketel pipa air. Dinding-dinding tungku dikelilingi oleh pipa-pipa air. Pada ruang tungku bawah dikelilingi oleh pipa-pipa air berfungsi sebagai penguap pancaran (*radiant evaporator*).



Gbr.2.15. Tungku Bawah

Ruang bakar bawah dibatasi oleh :

- *Water wall tubes*, yang disusun secara paralel pada bagian atas kiri, kanan dan belakang
- Susunan *water wall tubes* di sebelah bawah dilapisi oleh beton tahan api
- *Solid refractory* (dinding batu tahan api) berguna untuk menghindari merambatnya gas panas keluar, juga agar efisiensi penyerapan panas menjadi tinggi

### 4.2. Pipa Water Wall

Merupakan pipa yang ditempatkan pada bagian dapur dan dibuat secara vertikal, yang berfungsi yang berfungsi menyerap panas dan gas asap dari hasil pembakaran bahan bakar. Dimana perpindahan panas berlangsung secara radiasi.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Air yang berada dalam pipa *water wall* menyerap panas sehingga temperaturnya

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)14/12/23



naik dan berat jenisnya turun yang menyebabkan terjadi sirkulasi. Air yang keluar dari *water wall* diharapkan berbentuk uap jenuh.

### 4.3. Drum Ketel Uap (*Steam Drum*)

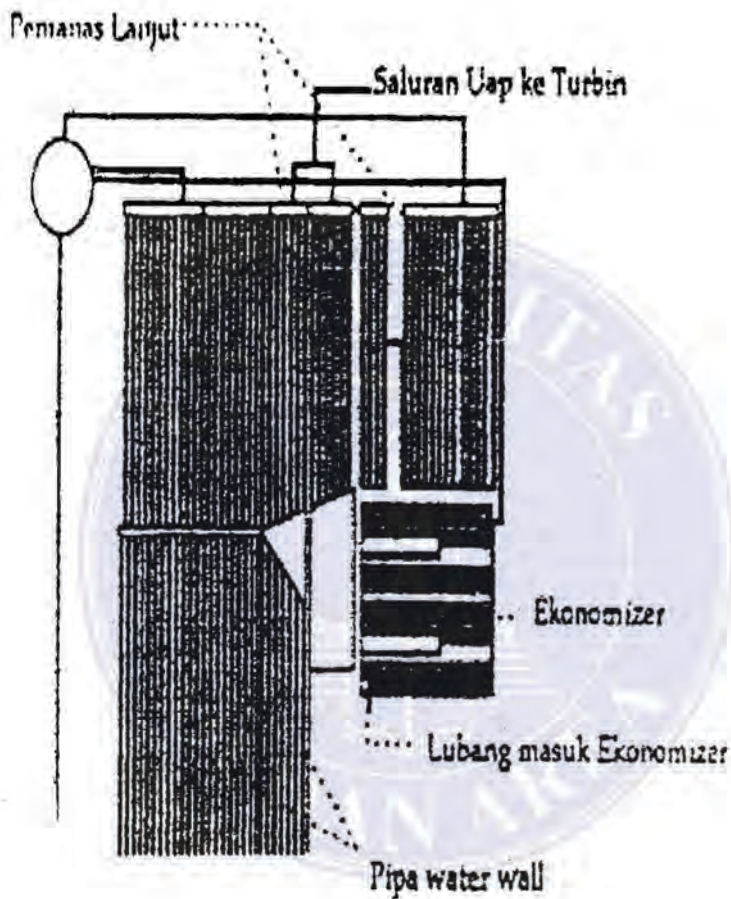
Merupakan pusat sirkulasi air dan uap. Di dalam drum ketel uap bagian atas terdapat separator yang berfungsi sebagai pemisah air dan uap.

Drum ketel uap terdiri dari dua buah, yaitu drum atas (*upper drum*) dan drum bawah (*lower drum*). Kedua drum ini dihubungkan oleh pipa-pipa *down corner* dan pipa-pipa *back pass*. Level air dalam drum maksimal  $\frac{2}{3}$  dari diameter drum dan minimal  $\frac{1}{3}$  dari diameter drum. Penentuan level ini bertujuan mencegah terjadinya kebocoran dan pecahnya dinding sebelah atas berbatasan dengan uap dan dinding ini akan lebih banyak memuai dibanding dengan bagian bawah yang berbasan dengan air.

### 4.4. Pipa Super Heater

Pipa *super heater* berfungsi untuk menghasilkan uap yang benar-benar kering, agar dapat dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan, misalnya untuk menggerakkan turbin uap. Uap yang dipanaskan pipa *super heater* ini berasal dari *upper drum* yang telah dipisahkan antara fase uap yang lebih berat akan berada dibagian bawah dan fase uap yang lebih ringan akan berada pada bagian atas. Pipa-pipa *super heater* menerima panas gas pembakaran dan tidak menerima panas langsung dari panas pembakaran yang terjadi di ruang bakar, namun pipa ini menerima pancaran panas dari pembakaran yang dihasilkan dalam ruang bakar.

Panas ini adalah panas yang diberikan untuk memberikan panas lanjut pada air yang berada didalam pipa untuk lebih menguap lagi.



Gbr.2.16. Bagian dari pipa super heater





**Gbr.2.17. Bagian *Super Heater* Pada Boiler Bagian Atas.**

Keuntungan menggunakan *super heater* adalah :

- Uap panas lanjut (uap *super heater*) yang dihasilkan oleh *super heater* tidak lagi mengandung butiran-butiran air sehingga memenuhi syarat untuk dipakai pada turbin uap.
- Dengan tekanan yang sama, uap panas lanjut mempunyai entalpi yang lebih tinggi dibanding dengan uap saturasi (uap jenuh), sehingga menghasilkan daya yang lebih besar.

## II.5. Bahan Bakar dan Pembakaran

### 5.1. Defenisi Bahan Bakar

Bahan bakar ialah suatu zat (*substansi*) dimana energi dapat diperoleh melalui reaksi kimia atau reaksi nuklir.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

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

## 5.2. Klasifikasi Bahan Bakar

### 5.2.1. Bahan Bakar Padat

Bahan bakar yang berasal dari zat-zat organik. Bahan bakar padat mengandung unsur-unsur antara lain zat arang atau carbon (C), hidrogen (H), zat asam atau oksigen (O), zat lemas atau nitrogen (N), belerang (S), abu dan air yang semuanya terikat dalam satu senyawa kimia.

### 5.2.2. Bahan Bakar Cair

Bahan bakar cair dibagi menjadi dua yakni bahan bakar cair alami dan bahan bakar cair buatan. Yang termasuk bahan bakar cair alami adalah bensin, minyak tanah dan minyak bakar, dan yang termasuk bahan bakar cair buatan adalah ter, diperoleh dari batu pasir yang diperoleh dari batu pasir dengan penggunaan uap temperatur tinggi.

### 5.2.3. Bahan Bakar Gas

#### i. Gas Alam

Diperoleh dari tempat pengeboran minyak bumi, diantaranya gas methana ( $\text{CH}_4$ ) bersama dengan gas ethana ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), karbon monoksida (CO), gas LNG dan gas LPG.

#### ii. Gas Buatan

Yang termasuk dalam gas buatan adalah *coal gas*, *producer gas*, *water gas*, *mond gas*, gas dapur tinggi dan *coke oven gas*.

## 5.3. Karakteristik Bahan Bakar

Suatu bahan bakar dapat dikatakan sebagai bahan bakar yang baik apabila memiliki karakteristik sebagai berikut :

a. Pembakaran dapat terjadi secara cepat serta mudah diperlakukan dan

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

dikontrol.

Document Accepted 14/12/23

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)14/12/23



- b. Memiliki kandungan energi yang tinggi (energi spesifik)
- c. Biaya yang rendah
- d. Memiliki jumlah minimum zat polusi
- e. Mudah untuk ditangani (*handling*, transportasi dan penyimpanannya)
- f. Aman dalam penanganan dan penyimpanan dan penggunaannya

Bahan bakar yang digunakan pada ketel uap yang dibahas (Takuma N-600 SA) dalam hal permasalahan ini adalah cangkang dan serabut, yang berasal dari ampas hasil pengolahan tandan dan buah sawit.

Pemilihan bahan bakar tersebut didasarkan pada :

- Nilai kalor dari cangkang dan serabut memenuhi syarat dalam menghasilkan panas yang dibutuhkan
- Ampas berupa cangkang dan serabut cukup tersedia di pabrik
- Sisa pembakaran bahan bakar dapat digunakan sebagai pupuk tambahan tanaman kelapa sawit
- Bersifat ekonomis karena dapat menurunkan biaya produksi

#### 5.4. Kandungan Energi Bahan Bakar

Energi yang dihasilkan oleh pembakaran suatu bahan bakar per satuan massa dapat disebut dengan berbagai sebutan, seperti energi spesifik, nilai panas, panas pembakaran, energi pembakaran, nilai kalorifik dan sebagainya.

Nilai kalorifik atau kandungan energi yang dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

##### 5.4.1. Nilai kalor atas (*high heating value = HHV*)

Adalah energi yang diperoleh melalui pembakaran atau besarnya panas yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna. Nilai kalor atas atau HHV, dapat dihitung menurut rumus Dulong, yaitu :

$$\text{HHV} = 8080 \cdot C + 34.500 \cdot \left( H_2 - \frac{O_2}{8} \right) + 2220 \cdot \text{kkal/kg bahan bakar}$$

#### 5.4.2. Nilai kalor rendah (*low heating value* = LHV)

Adalah besarnya energi panas yang dihasilkan oleh pembakaran 1 kg bahan bakar dimana H<sub>2</sub>O yang terjadi masih dalam bentuk uap. Nilai kalor bawah atau LHV dapat dihitung dengan menggunakan rumus Dulong, yaitu :

$$\text{LHV} = \text{HHV} - (g \text{ H}_2 \cdot 586) \text{ kkal/kg bahan bakar.}$$

## II.6. Perpindahan Panas pada Ruang Bakar

Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari perpindahan energi karena adanya perbedaan temperatur (suhu) diantara benda-benda material. Dalam hal ini, material yang dimaksud adalah dinding-dinding pipa/drum, lapisan antara dinding pipa air/gas dan ruang tempat pembakaran bahan bakar.

Panas yang dihasilkan karena pembakaran bahan bakar dan udara, yang berupa api (yang menyala) dan gas asap (yang tidak menyala) dipindahkan ke air, uap atau udara melalui bidang yang dipanaskan pada suatu instalasi ketel uap dengan tiga cara, yaitu :

### 6.1. Perpindahan Panas Secara Pancaran (Radiasi)

Perpindahan panas secara pancaran atau radiasi adalah perpindahan panas antara suatu benda ke benda yang lain melalui gelombang gelombang

UNIVERSITAS MEDAN AREA

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



elektromagnetik, tanpa tergantung kepada ada atau tidaknya media atau zat di antara benda yang menerima pancaran panas tersebut.

Transformasi energi panas dengan radiasi di dalam boiler dimulai dengan nyala api terhadap benda dan besarnya panas yang diterima secara radiasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Q_r = E_w \cdot E_f \cdot A \left[ \left( \frac{T_f}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_w}{100} \right)^4 \right] B_0 \left[ \frac{\text{KJ}}{\text{jam}} \right]$$

dimana :

$B_0$  = Konstanta Sephan Boltzman ( $\text{KJ}/\text{m}^2 \text{ jam K}$ )

$A$  = Luas bidang yang terkena radiasi ( $\text{m}^2$ )

$T_f$  = Temperatur yang terkena radiasi (K)

$T_w$  = Temperatur nyala api (K)

$E_w$  = Emisitas dinding ketel

$E_f$  = Emisitas nyala api

## 6.2. Perpindahan Panas Secara Perambatan (Konduksi)

Perpindahan panas secara perambatan atau konduksi adalah perpindahan panas dari suatu bagian benda padat ke bagian lain dari benda padat yang sama atau dari benda padat yang satu ke benda padat yang lain karena terjadinya persinggungan fisik tanpa terjadi perpindahan molekul-molekul dari benda padat itu sendiri.

Jumlah panas yang dirambatkan dapat dihitung dengan menggunakan

rumus :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/12/23

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)14/12/23

$$Q_p = \frac{K}{x} A \cdot (T_1 - T_2) \left[ \frac{\text{KJ}}{\text{jam}} \right]$$

dimana :

K = Koefisien perambatan panas (KJ/m<sup>2</sup> jam K)

x = Tebal pipa dari dinding ketel (m)

A = Luas dinding yang merambatkan panas (m<sup>2</sup>)

T<sub>1</sub> = Suhu dinding ketel yang berbatasan dengan api (K)

T<sub>2</sub> = Suhu dinding ketel yang berbatasan dengan air (K)

Panas yang dibawa merambat oleh dinding ketel dan diterima oleh molekul-molekul air, uap ataupun udara dengan cara konveksi yaitu penyerahan sebagian panas dari molekul-molekul dinding ketel kepada molekul-molekul air, uap ataupun udara. Dengan demikian penyerahan panas secara konveksi atau konduksi bersama-sama melalui proses-proses sebagai berikut :

- Panas dialihkan dari fluida (air atau gas asap) kepada dinding ketel
- Panas dirambatkan di dalam dinding ketel
- Panas dialihkan dari dinding ketel kepada fluida cair, uap atau udara

Besarnya B<sub>0</sub> ditentukan berdasarkan :

- Permukaan benda yang dipanasi (halus atau kasar)
- Bahan benda yang dipanaskan (besi, tembaga, aluminium, dan lain-lain)
- Warna benda yang dipanaskan (hitam, abu-abu, putih)

### 6.3. Perpindahan Panas Secara Aliran (Konveksi)

Perpindahan panas secara aliran atau konveksi adalah perpindahan panas

yang dilakukan oleh molekul-molekul fluida lain atau gas. Perpindahan panas



secara konveksi terjadi pada molekul fluida cair atau gas yang ada pada bagian dalam yang terdapat pada dapur ketel. Pergerakan molekul fluida cair ataupun uap tersebut disebabkan karena perbedaan temperatur fluida itu sendiri.

Jumlah perpindahan panas secara konveksi dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Q_c = h \cdot A \cdot (T_1 - T_2)$$

dimana :

$h$  = Angka perpindahan panas ( $\text{KJ/m}^2 \text{ jam K}$ )

$A$  = Luas bidang yang dipanasi ( $\text{m}^2$ )

$T_1$  = Temperatur dinding ketel yang berbatasan

$T_2$  = Temperatur

Koefisien perpindahan panas total dapat dihitung bila gas asap mengalir pada sisi luar pipa dengan menggunakan rumus :

$$U = \frac{1}{\frac{A_0}{A_1} + \frac{1}{h_1} + \frac{A_0 \cdot \ln\left(\frac{r_0}{r_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot K \cdot L}}$$

dimana :

$U$  = Koefisien perpindahan panas total

## BAB III

### METODE PENELITIAN

Konstruksi ruang bakar ketel dapat bermacam-macam, tetapi dalam hal ini penulis hanya membahas ruang bakar ketel dengan dinding pipa air (*water cooled wall furnance*). Kalor diharapkan dapat diserap sebanyak-banyaknya dan dinding tahan panas dapat dilindungi oleh batu tahan api (*castable*) dan isolasi.

Konstruksi ruang bakar dibuat berdasarkan bahan bakar yang digunakan. Konstruksi ruang bakar dengan dinding pipa air dapat bermacam-macam, ada yang berhimpitan satu sama lainnya, ada yang berantara, ada yang sebagian pipanya masuk ke dalam dinding batu tahan api, ada pula yang berjarak dengan dinding batu tahan api.

Fungsi dari bagian ruang bakar adalah sebagai berikut :

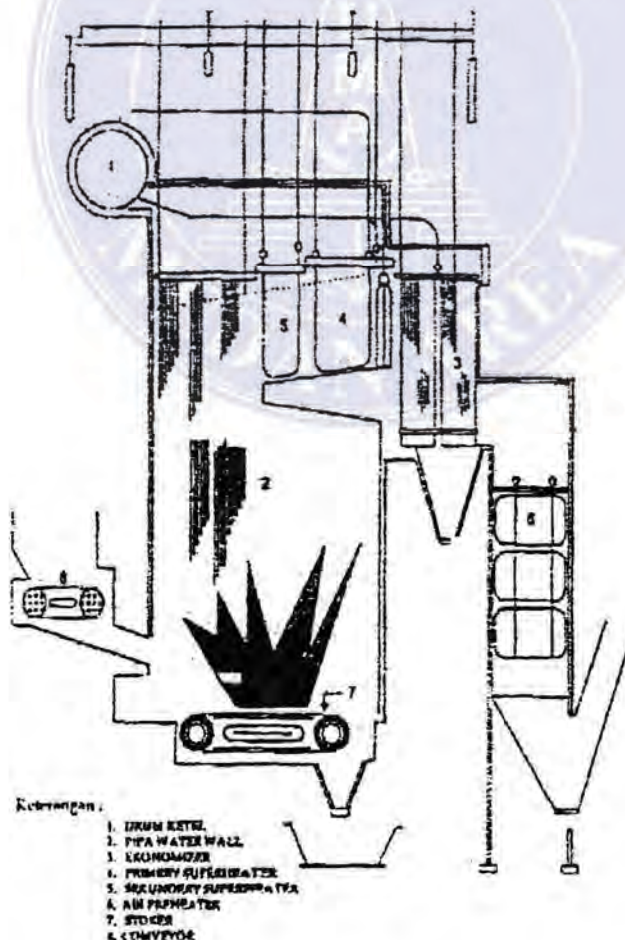
- Luas permukaannya cukup untuk mengurangi suhu gas bekas sampai pada kebutuhan suhu uap panas lanjut.
- Tingginya mencukupi untuk menjamin terjadinya sirkulasi pada pipa-pipa ruang bakar.
- Mempunyai diameter pipa yang memadai untuk menjamin besarnya gesekan bagian dalam sampai pada tingkat yang masih dapat diterima, yang berarti jaminan aliran campuran uap air yang cukup untuk mencegah terjadinya *overheat* pada pipa.



- Ukuran lebar pada lintasan pembakaran yang cukup agar nyala api tidak menyentuh dinding depannya.
- Ukuran lebar yang mencukupi untuk semua pembakaran agar masing-masing pembakaran tidak saling mempengaruhi.

Konstruksi dapur ketel uap yang menjadi pembahasan dalam analisa ruang bakar ini adalah menggunakan tungku bawah dan fibre serta cangkang sebagai bahan bakar.

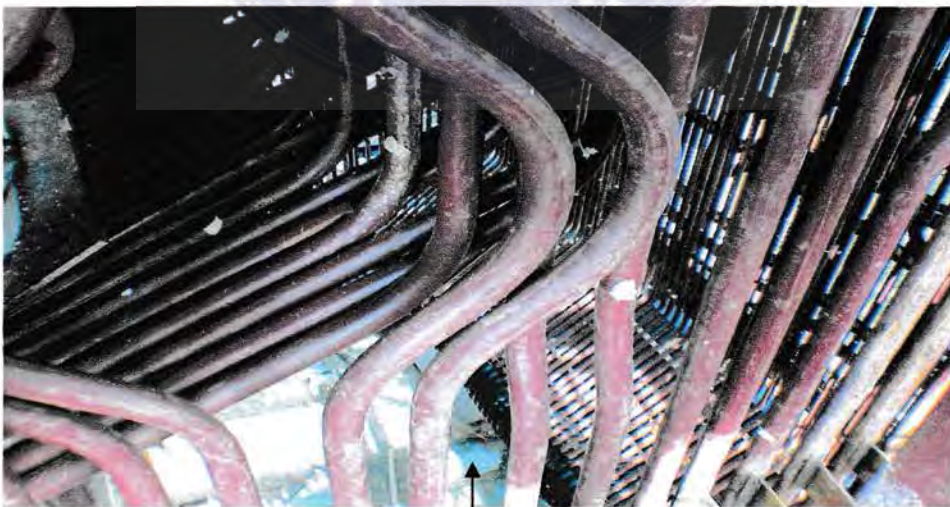
Pada ruang tungku bawah dinding tungku dikelilingi oleh pipa-pipa air yang dipanasi oleh nyala api sehingga penyerapan panas langsung diterima oleh bidang yang dipanasi.





*ruang bakar*

**Gbr.3.2. Konstruksi Boiler Takuma N-600 SA**



*ruang bakar*

UNIVERSITAS MEDAN AREA

**Gbr.3.3. Konstruksi Pipa-Pipa Pada Ruang Bakar Takuma N-600 SA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

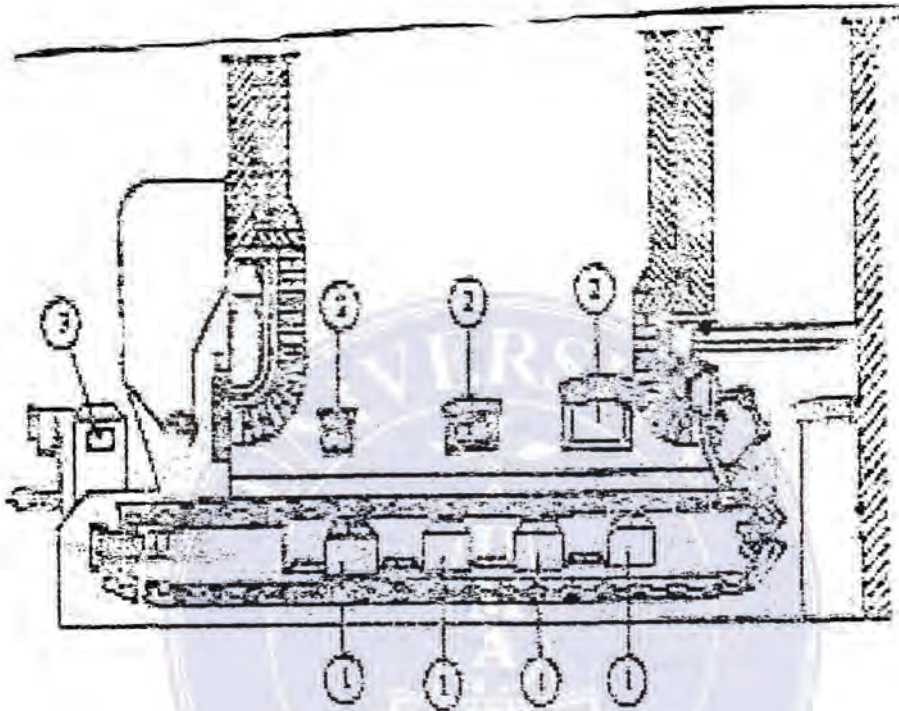
Document Accepted 14/12/23

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)14/12/23



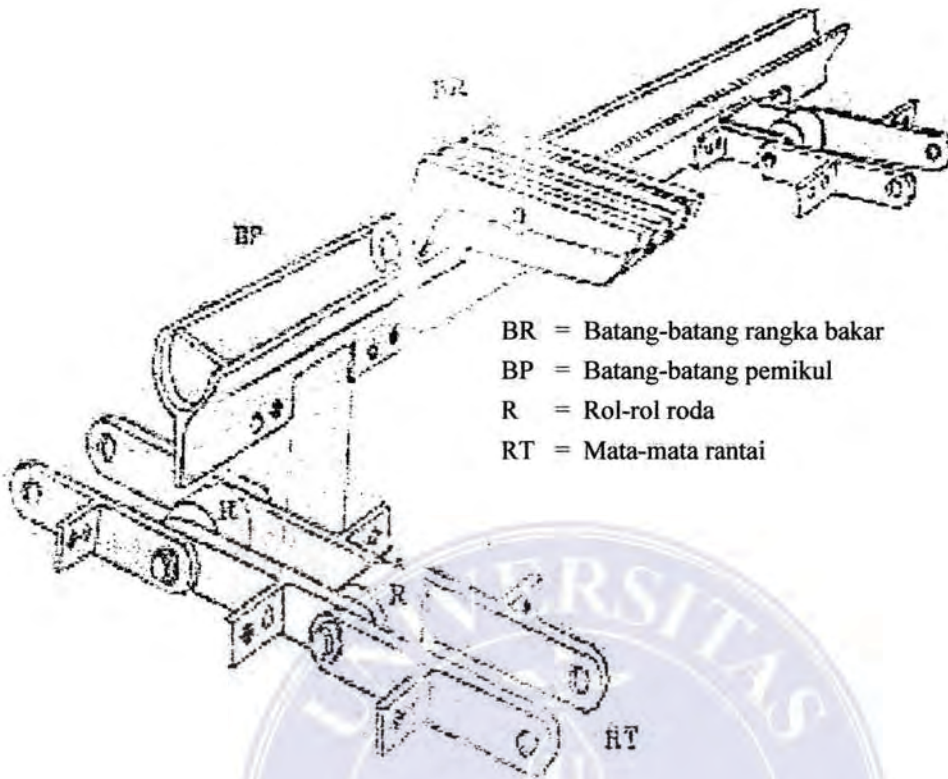
Pada ruang bakar tungku bawah memiliki rangka bakar rantai yang berfungsi sebagai ban berjalan untuk memasukkan bahan bakar ke dalam tungku.



**Gbr.3.4. Rangka Bakar Rantai**

Di bagian tengah rangka bakar, setelah berlangsungnya proses penggegasan dan penyalaan maka pembakaran akan berlangsung dengan hebat sehingga dibutuhkan banyak udara pembakaran di zona tersebut. Semua udara yang dialirkan di zona tengah tersebut dimanfaatkan sehingga tidak terdapat oksigen bebas di gas asap. Di bagian akhir dari rangka bakar, terbentuk abu dan terak kebutuhan udaranya juga menurun.

Pada rangka bakar rantai, penggunaan angin bawah atau udara primer yang telah dipanasi di dalam pemanas udara akan mempercepat tercapainya temperatur penyalan dari bahan bakar.



Gbr.3.5. Bagian Rangka Bakar Rantai



Gbr.3.6. Rangka Bakar Rantai (*fire grate*)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

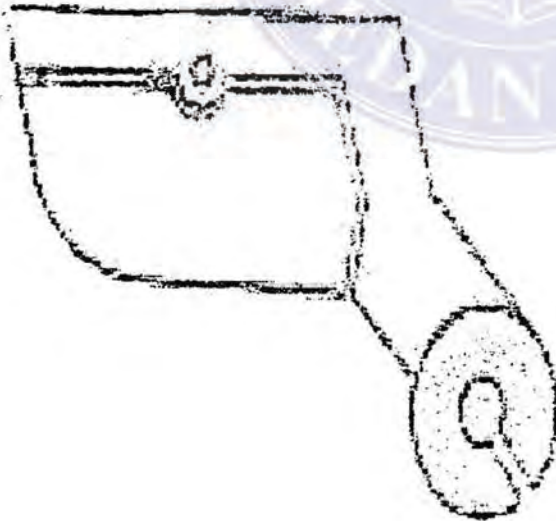
Document Accepted 14/12/23

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)14/12/23



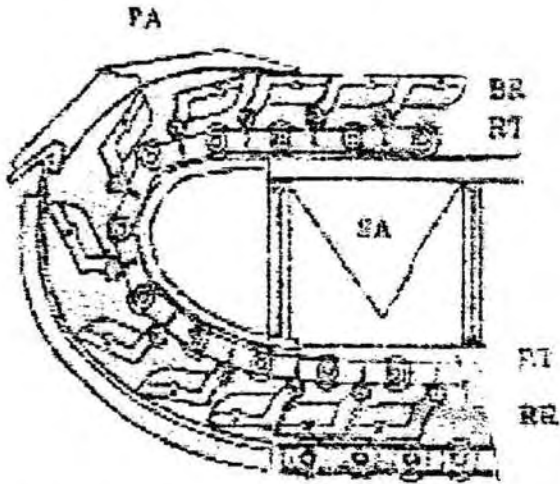


**Gbr.3.7. Permukaan Fire Grate**



**Batang rangka bakar**

**Batang rangka bakar**



**Gbr.3.9. Penggaruk Abu Pada Rangka bakar**

- PA = Penggaruk abu
- BR = Batang-batang rangka bakar
- RT = Mata-mata rantai
- SA = Sumuran abu
- RR = Rol-rol pemikul





## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### Kesimpulan

1. Ketel uap merupakan suatu pesawat konversi energi yang mengkonversikan energi potensial bahan bakar menjadi energi panas atau dengan kata lain ketel uap merupakan suatu bejana tertutup yang mengubah air dari fase cair menjadi uap.
2. Ketel uap Takuma 600 SA adalah ketel uap pipa air yang ruang bakarnya menggunakan tungku bawah dengan rangka bakar rantai yang dilengkapi dengan penggaru abu dan sumuran abu agar tidak terjadi kerak pada pipa-pipa *water wall*.
3. Keuntungan menggunakan ruang bakar dengan tungku bawah adalah bahan bakar yang digunakan nilai kalorinya tinggi sekalipun asap yang dihasilkan banyak.
4. Untuk memperoleh kapasitas uap 20 ton/jam dibutuhkan bahan bakar sebanyak  $M_{bb} = 4461,657 \text{ kg/jam}$ .
5. Besarnya koefisien perpindahan panas menyeluruh adalah  $U = 70,29 \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ .
6. Laju perpindahan panas total  $Q = 4621096,596 \text{ w}$ .
7. Diharapkan suhu ruang bakar harus tetap bisa terjaga agar transfer panas dan proses penghasilan uap bisa terus terjaga.
8. Komponen dan alat pendukung harus di jaga perawatannya agar proser dan sistem pembakaran tetap berjalan.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/12/23

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)14/12/23

## DAFTAR PUSTAKA

- Holman, J.P. **Perpindahan Kalor**, 1992 Edisi 6, Erlangga, Jakarta.
- El – Wakil, M.M, **Instalasi Pembangkit Daya**, 1993, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Muin, A. Syamsir, **Pesawat-pesawat Konversi Energi I (Ketel Uap)**, 1988, CV. Rajawali, Jakarta.
- Djokosetyardjo, M.J, **Ketel Uap**, 1993, Cetakan Ketiga, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Babcock and Wilcock, **Steam / Its Generation and Use**, 161 East 42<sup>nd</sup> Street, New York, 1972.

