

RANCANGAN RUANG BAKAR KETEL UAP KAPASITAS 15 TON UAP PER JAM

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Sarjana

Oleh :

ISWANDI
NIM: 07.813.0048



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2011

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

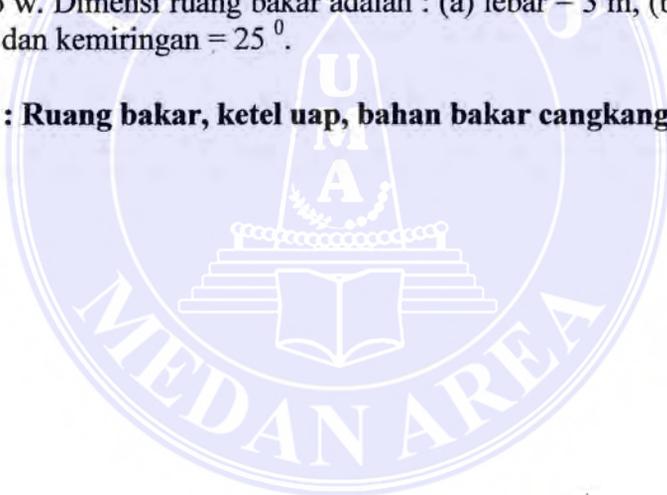
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

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

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan energi setiap tahunnya membutuhkan perhatian yang serius. Hal ini diperlukan untuk mencari penyelesaian masalah energi. Perancangan ruang bakar ketel uap diperlukan analisa dan perhitungan yang teliti, sehingga diperoleh ruang bakar yang efisien. Pada perencanaan ini, diadopsi ketel uap merek Takuma dengan tipe N-600 SA sebagai ketel uap pembanding. Jenis ketel uap ini adalah ketel uap pipa air. Ketel uap diasumsikan menggunakan bahan bakar campuran serat (*fibre*) dengan cangkang (*shell*) sawit. Campuran bahan bakar terdiri dari 75 % serat (*fibre*) dan 25 % cangkang (*shell*). Sedangkan kapasitas ketel uap 15 ton uap per jam. Pada ruang bakar diasumsikan terjadi perpindahan panas konduksi, konveksi radiasi. Dengan asumsi tersebut diperoleh hasil perencanaan sebagai berikut : Jenis Ketel uap adalah ketel uap pipa air, ruang bakar tungku bawah dengan rangka bakar . Kapasitas kapasitas uap 20 ton uap/jam dibutuhkan bahan bakar 462 kg/jam. Besarnya koefisien perpindahan panas menyeluruh adalah $U = 70,29 \text{ w/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Laju perpindahan panas total $Q = 4621096,596 \text{ w}$. Dimensi ruang bakar adalah : (a) lebar = 3 m, (b) panjang = 4 m, tinggi = 5 m dan kemiringan = 25° .

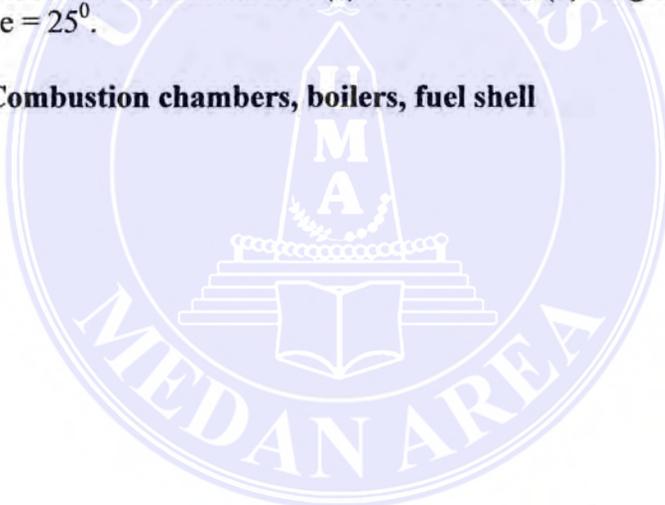
Kata Kunci : Ruang bakar, ketel uap, bahan bakar cangkang



ABSTRACT

Increased energy needs each year require serious attention. It is necessary to find a solution to energy problems in a proper way. The design of the boiler combustion chamber and the analysis required careful calculation, in order to obtain an efficient combustion chamber. On this plan, adopted a boiler with a brand Takuma N-600 type boiler SA as a comparison. This type of boiler is the boiler water pipes. Boiler fuel mixture is assumed to use the fiber (fiber) with a shell (shell) oil. Fuel mixture consisting of 75% fiber (fiber) and 25% shell (shell). While the capacity of 15 tons of steam per hour steam. Assumed to occur at the combustion chamber heat transfer conduction, convection, radiation. Assuming the planning results obtained are as follows: type of boiler is the boiler water pipes, the furnace combustion chamber with a grate. Capacity of the steam capacity of 20 tons of steam / hour of fuel required 462 kg / hour. The amount of overall heat transfer coefficient is $U = 70.29 \text{ W/m}^2 \text{ OC}$. Total heat transfer rate $Q = 4621096.596 \text{ w}$. Combustion chamber dimensions are: (a) width = 3 m, (b) length = 4 m, height = 5 m, and slope = 25° .

Keywords: Combustion chambers, boilers, fuel shell





DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBARAN PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB I : PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Batasan Perencanaan	2
I.3. Tujuan Perencanaan	3
I.4. Manfaat Perencanaan	3
BAB II : LANDASAN TEORI	5
II.1. Pengertian Ketel	5
II.2. Kompoen-Komponen Ketel Uap	5
II.3. Klasifikasi Ketel Uap	7
II.4. Bagian-bagian ketel uap Type N-500 SA	13
II.5. Pembakaran pada Ketel Uap	19
II.6. Perpindahan Panas pada Ruang Bakar	22
BAB III : METODE PERANCANGAN	24
III.1. Prosedur Perancangan	26
III.2. Konstruksi Ruang Bakar	27

BAB IV : ANALISA DAN PERHITUNGAN	33
IV.1. Spesifikasi Ketel Uap	33
IV.2. Energi Bahan Bakar	39
IV.3. Kebutuhan Udara Pembakaran	41
IV.4. Panas Pembakaran	44
IV.5. Perpindahan Panas pada dinding air	44
IV.6. Analisa Perhitungan Panas Total	51
BAB V : Kesimpulan	58
V.1. Perpindahan panas total	58
V.2. Ruang Bakar	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	61

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Memasuki tahap lepas landas, penciptaan nilai tambah secara besar-besaran merupakan salah satu jalan yang harus dilakukan di Indonesia. Hal ini sektor industri diharapkan memegang peranan yang sangat penting, disamping sektor-sektor lainnya. Pertumbuhan dan perkembangan suatu industri erat hubungannya dengan penambahan pemakaian energi, dimana sebagian besar energi yang dibutuhkan pada industri adalah dalam bentuk energi listrik.

Penyediaan energi listrik di Indonesia umumnya masih didominasi oleh Pembangkit-pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi dari bahan bakar fosil seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), dan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Sedangkan energi listrik yang berasal dari sumber energi terbarukan masih relatif kecil jumlahnya, dibandingkan dengan yang bersumber pada energi yang berasal dari bahan bakar fosil. Sehubungan hal ini energi listrik yang berasal dari sumber energi terbarukan akan dikembangkan pada masa yang akan datang.

Kebutuhan energi listrik untuk sebuah Pabrik Kelapa Sawit (PKS), umumnya digunakan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Pada PKS sumber energi biasanya diperoleh dari ketel uap yang berfungsi untuk menghasilkan uap dan biasanya dihubungkan dengan sebuah Turbin Uap. Turbin Uap ini berfungsi untuk menggerakkan Generator Listrik. Pada Pabrik Kelapa Sawit (PKS), uap yang diproduksi oleh sebuah ketel uap, selain digunakan untuk penggerak Turbin

Uap juga digunakan untuk memenuhi kebutuhan uap pada proses-proses

pengolahan Tandan Buah Segar (TBS), hingga TBS tersebut menghasilkan menjadi minyak mentah sawit yang disebut dengan Crude Palm Oil (CPO).

Komponen-komponen utama dari sebuah ketel uap (boiler), terdiri dari ruang bakar, alat pemanas uap lanjut, dan sistem ekonomizer. Ruang bakar pada ketel uap pipa air biasanya dikelilingi oleh pipa-pipa water wall. Sebuah ketel uap jenis pipa air yang sudah dilengkapi dengan sistem tersebut diatas, sudah dimungkinkan dapat beroperasi untuk menghasilkan uap.

Ruang bakar merupakan sebuah komponen ketel uap sebagai tempat terjadinya proses pembakaran. Pada proses pembentukan uap yang baik diperlukan pembakaran yang sempurna dan juga perpindahan panas yang efisien. Efisiensi boiler dipengaruhi oleh sistem perpindahan panas di dalam ruang bakar suatu boiler. Efisiensi boiler dapat ditingkatkan dengan cara mengurangi kehilangan panas dalam ruang bakar yang diakibatkan oleh terjadinya pembakaran yang tidak sempurna dan perpindahan panas yang tidak sempurna.

Dalam tugas akhir ini penulis akan menganalisa dan merancang sebuah ruang bakar ketel uap jenis ketel uap pipa air yang akan menghasilkan 15 ton uap per jam dan tekanan kerja 20 bar. Disamping itu juga akan dilakukan perhitungan dan analisa untuk mengetahui berapa besar kerugian panas dalam ruang bakar dibutuhkan rancangan dan analisa yang lebih teliti.

I.2. Batasan Perencanaan

Perencanaan suatu ruang bakar diperlukan berbagai pertimbangan, sehingga diperoleh suatu ruang bakar yang efisien dan efektif. Sebuah ruang bakar yang

menghemat bahan bakar. Selain penghematan bahan bakar juga dapat juga berakibat penghematan dimensi dari ruang bakar. Oleh karena itu pada akhirnya akan menghemat bahan-bahan lainnya.

Dalam perencanaan ini akan diperhitungkan parameter-parameter sebuah ruang bakar sebagai berikut :

- 1). Bentuk dan dimensi ruang bakar. .
- 2). Jumlah pipa-pipa water wall.
- 3). Perhitungan efisiensi ruang bakar.
- 4). Konstruksi dan dimensi dari ruang bakar.

I.3. Tujuan Perencanaan

Perancangan ini bertujuan untuk merancang sebuah ruang bakar ketel uap yang menghasilkan 15 ton uap per jam. Perancangan ini mengarah kepada peningkatan efisiensi ruang bakar, menentukan bentuk dan ukuran ruang bakar, jumlah dan susunan pipa-pipa water wall yang efisien, jumlah udara dan bahan bakar yang dibutuhkan dan spesifikasi pipa water wall.

I.4. Manfaat Perencanaan

Hasil perencanaan ini merupakan suatu hasil analisa dan perhitungan dari dapur ketel uap, sehingga diperoleh bentuk dan ukuran yang efisien. Hasil ini merupakan hasil studi literatur murni. Oleh karena itu manfaat dari

perencanaan ini adalah sebagai berikut :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

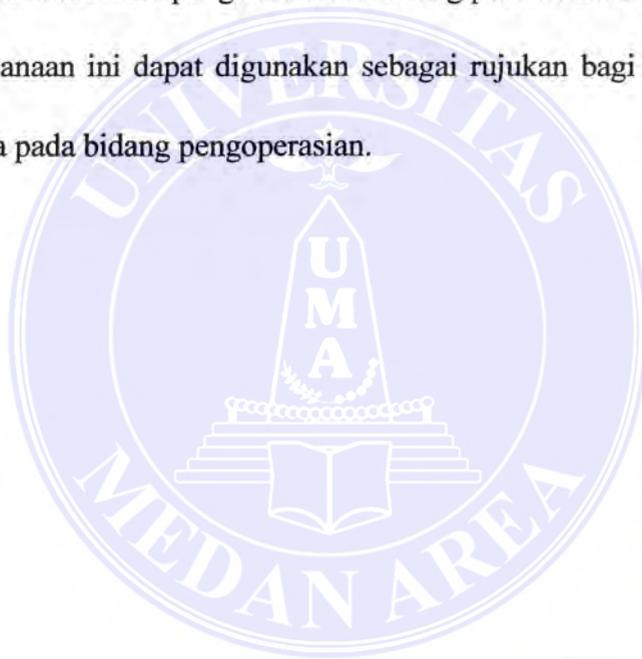
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

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) 20/9/23

1. Hasil Perencanaan ini bermanfaat bagi orang-orang yang berkecimpung pada bidang perencanaan dan produksi ketel uap.
2. Perencanaan ini akan memberikan kontribusi pada perkembangan pada Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, khususnya pada bidang perencanaan ketel uap.
3. Perencanaan ini dapat menjadi bahan rujukan bagi mahasiswa yang ingin memperdalam ilmu pengetahuan di bidang perencanaan ketel uap. rujukan.
4. Perencanaan ini dapat digunakan sebagai rujukan bagi orang-orang yang bekerja pada bidang pengoperasian.



BAB II

TEORI DASAR

II.1. Pengertian Ketel

Ketel uap dalam bahasa Inggris dikenal dengan “*Steam Boiler*” berasal dari kata “*to boil*” yang artinya sama dengan mendidih/uap. Dengan demikian boiler atau ketel uap adalah suatu alat dapat mengubah air menjadi uap. Sesuai dengan pengertian diatas, maka fungsi ketel uap itu sendiri adalah suatu alat konversi energi yang mengkonversikan energi kimia dari bahan bakar menjadi panas, lalu panas ditransfer ke fluida kerja (air) menjadi uap. Uap yang dihasilkan oleh boiler dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, antara lain:

- a. Pembangkit tenaga (*power house*) misalnya penggerak turbin uap.
- b. Untuk proses perebusan dan pengeringan serta proses pemanasan dll
- c. Sebagai proses pengolahan dan pembangkit tenaga.

II.2. Komponen-komponen Ketel Uap

1. 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 :

(1) **Dapur (*Furnance*)**. Sebagai alat untuk merubah energi kimia bahan bakar menjadi energi panas.

(2) **Alat pembentuk uap (*Evaporator*)**. Sebagai media yang merubah energi pembakaran (energi panas) menjadi energi potensial uap.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

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

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

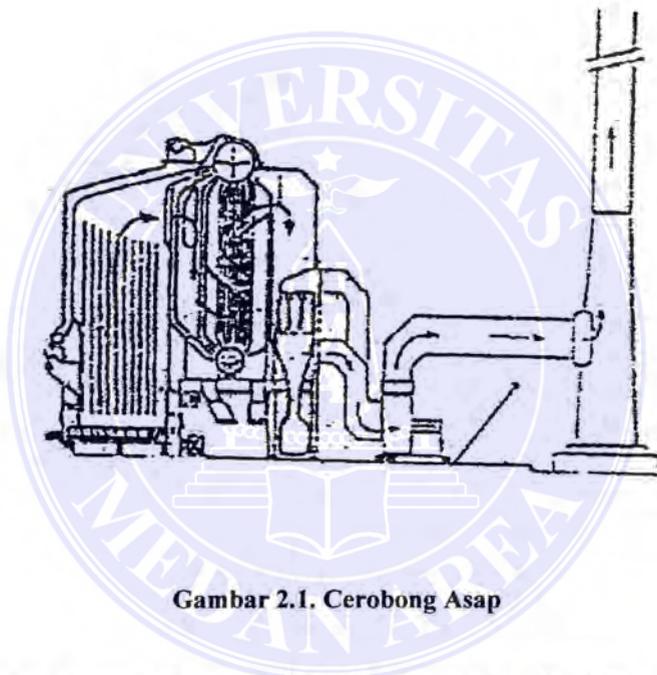
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)20/9/23

2. Komponen-komponen Penunjang

Kedua komponen tersebut di atas sudah dapat untuk memungkinkan sebuah ketel beroperasi namun untuk mendapatkan kerja ketel yang efektif, maka diperlukan komponen-komponen penunjang lainnya yang terdiri dari :

- (1). **Cerobong Asap.** Sistem dengan tarikan gas asapnya, memungkinkan dapur dapat bekerja dengan efektif.



Gambar 2.1. Cerobong Asap

- (2). **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.

- (3). **Sistem pemanas uap lanjut.** Sistem pemanas uap pembakaran serta sistem-sistem pemanas air pengisi ketel yang berfungsi sebagai alat untuk menaikkan efisiensi ketel.

- (3). **Sistem pengaman (apendensi).** Alat ini berfungsi sebagai alat

UNIVERSITAS MEDAN AREA
pencegahan pada saat ketel beroperasi.

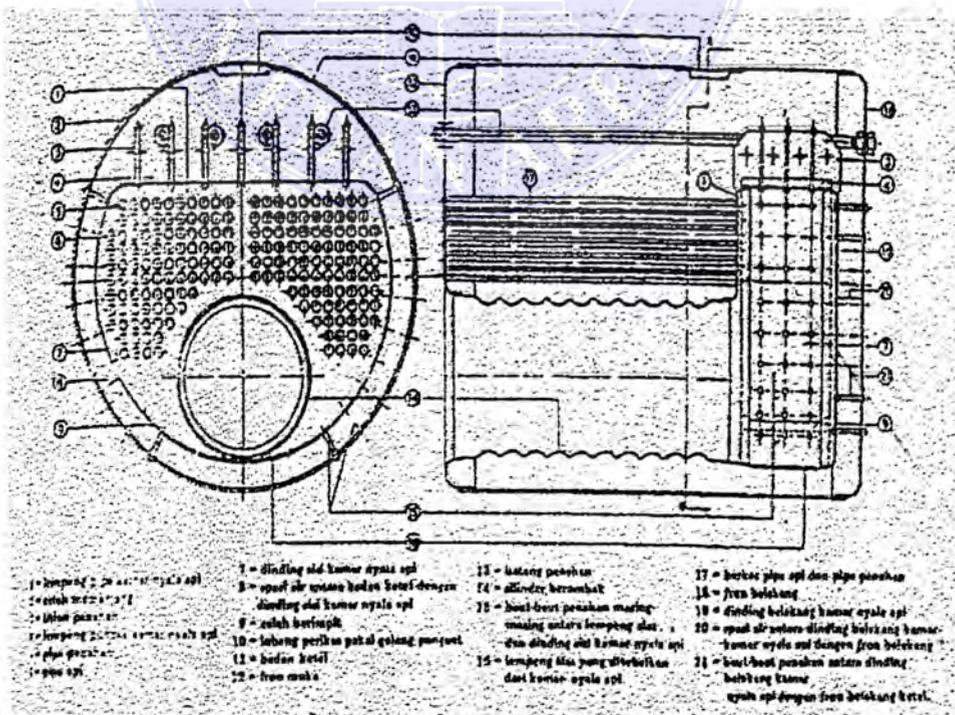
II.3. Klasifikasi Ketel Uap

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

1. Klasifikasi berdasarkan fluida yang mengalir dalam pipa

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

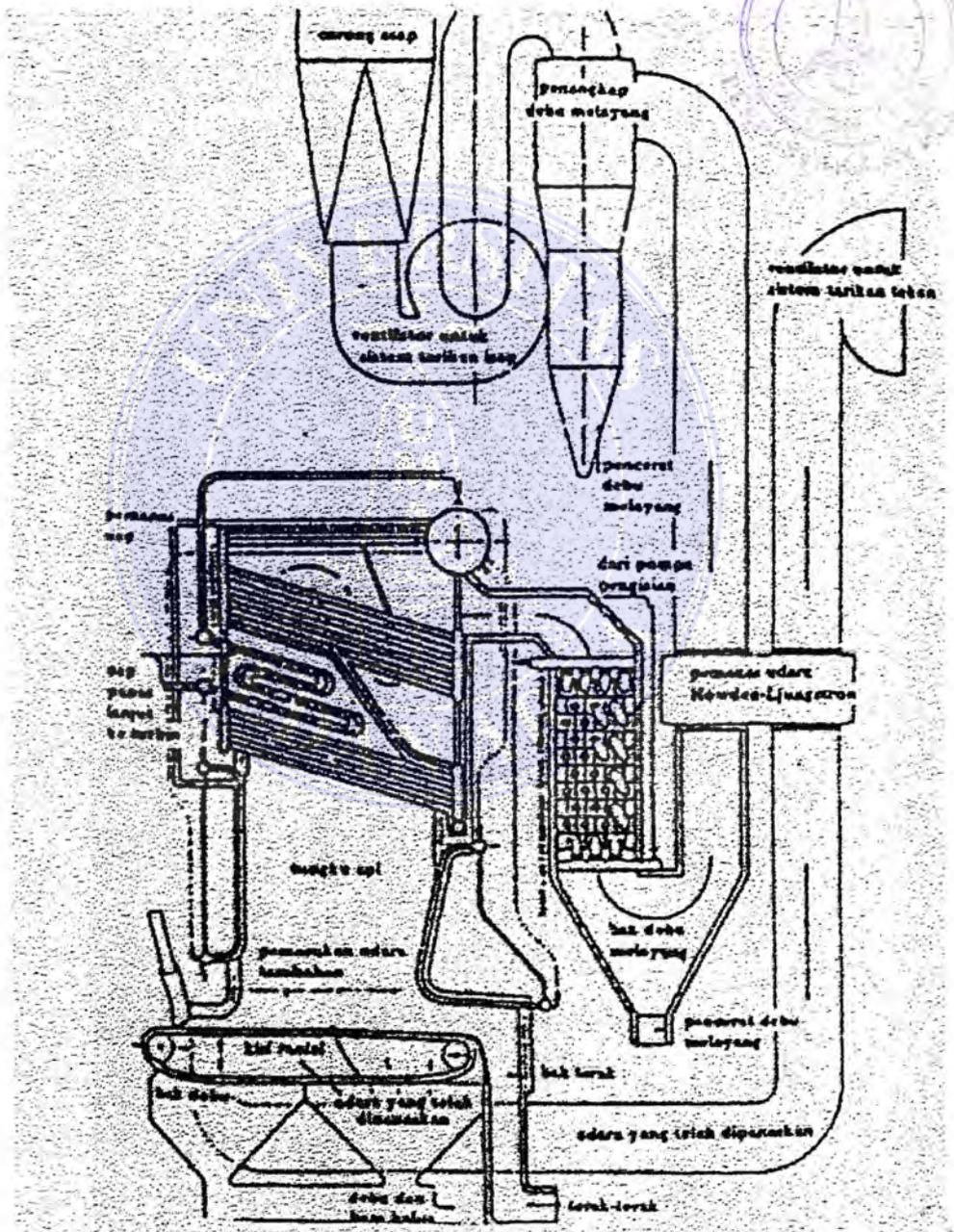
Pada ketel pipa api (*fire tube boiler*) ini, fluida yang mengalir dalam pipa adalah gas nyala (hasil pembakaran) yang membawa energi panas (*thermal energy*) yang segera mentransfernya ke air ketel melalui bidang pemanas (*heating surface*). Tujuan pipa-pipa ini adalah untuk memudahkan distribusi panas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



UNIVERSITAS MEDAN AREA **Gambar 2.2. Ketel uap pipa api**

b. Ketel uap 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.



Gambar 2.3. Ketel uap pipa air

Kebaikan –kebaika ketel uap pipa air dibandingkan dengan ketel uap pipa api adalah :

- 1) Produksi uap yang besar dalam satuan waktu yang sama.
- 2) Proses pembentukan uap lebih cepat.
- 3) Berat ketel uap relatif lebih kecil untuk menghasilkan jumlah uap yang sama.
- 4) Permukaan yang dipanaskan (*heating surface*) jauh lebih besar dan efektif.
- 5) Kerusakan pada satu *water tube* tidak mengakibatkan kerusakan pada seluruh ketel uap.

Kekurangan-kekurangan ketel pipa air dibandingkan dengan ketel pipa api

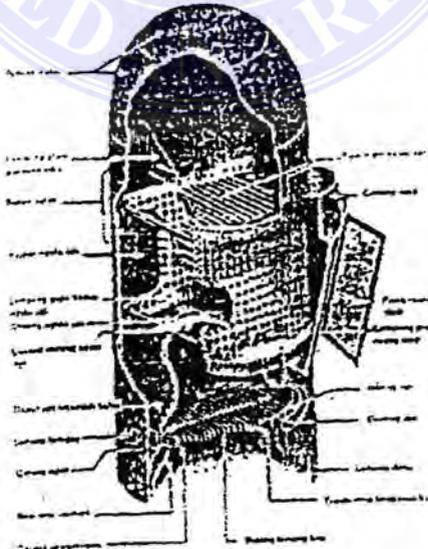
- (1). Feed water memerlukan pembersihan untuk mencegah *scale* yang terjadi di dalam pipa-pipa. Jika *scale* terjadi di dalam pipa mengakibatkan terjadinya *overheating* dan rusaknya pipa-pipa.
- (2) Banyak memakai penembokan dari batu-batu tahan api, sehingga harus mendapat perawatan yang baik.
- (3) 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.

2. Klasifikasi berdasarkan posisi dari ruang bakar (*furnance*)

- a. **Ketel uap pembakaran dalam (*internally fired boiler*).** 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 *shell*. Umumnya ketel pipa air menggunakan sistem ini.

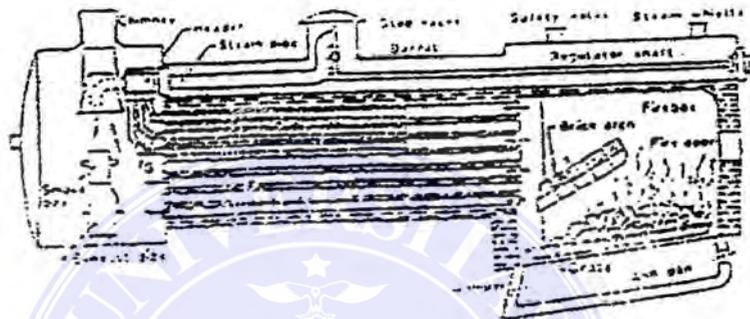
3. Klasifikasi berdasarkan penggunaannya (pemakaiannya)

- a. **Ketel stasioner (*stationary boiler*).** Jenis ketel uap ini merupakan ketel yang dudukannya pada suatu pondasi yang tetap, seperti ketel uap yang digunakan pada pembangkit industri. *Stationary steam boiler* digunakan dalam *power plant*.



Gambar 2.4. Ketel uap stasioner

- b. **Ketel uap mobil (*mobile boiler*).** Jenis ketel uap ini merupakan ketel uap 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*).



Gambar 2.5. Ketel uap mobile

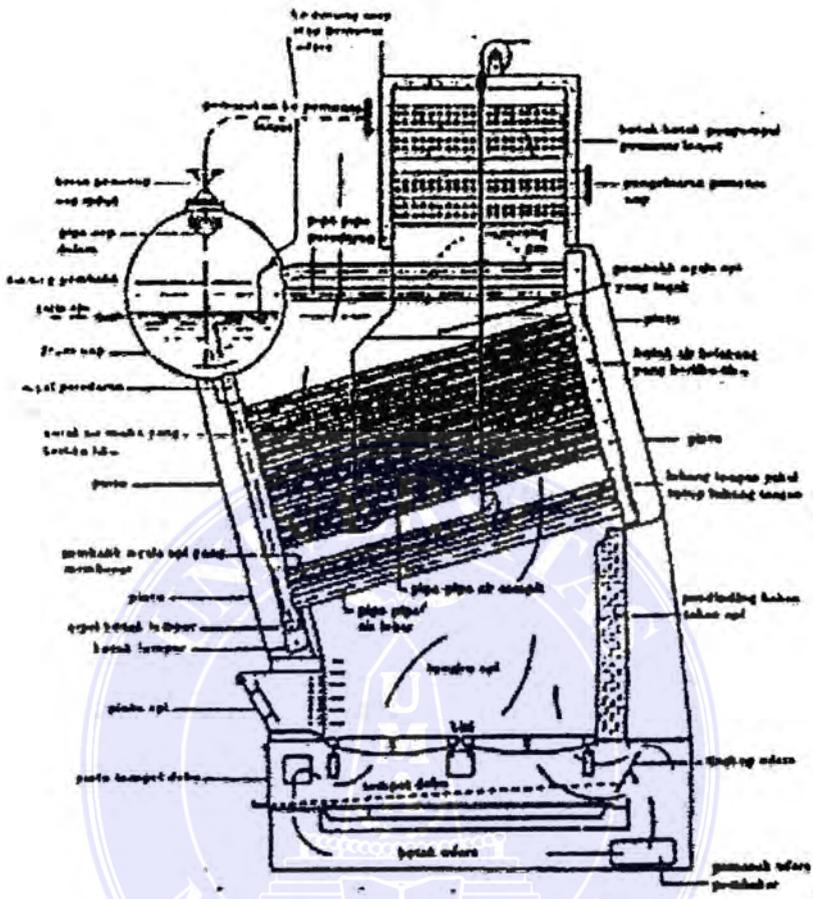
4. Klasifikasi berdasarkan banyaknya pipa

- a. **Ketel uap pipa tunggal (*single tube boiler*).** Pada ketel uap jenis *single tube boiler* hanya ada satu pipa, yaitu *fire tube* atau *water tube*.
- b. **Ketel uap berpipa banyak (*multi tube boiler*).** Pada ketel uap jenis *multi tube boiler* ada dua atau lebih *fire tube* atau *water tube*.

5. Klasifikasi berdasarkan sistem peredaran air ketel

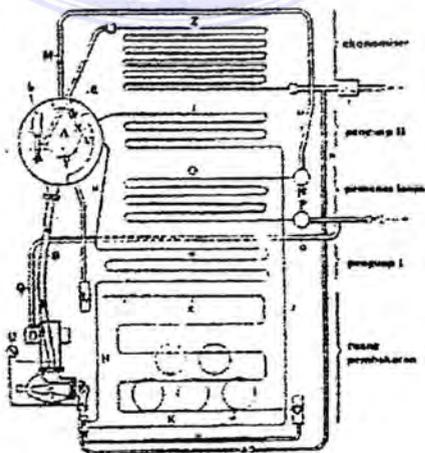
- a. Ketel uap dengan peredaran alami (*natural circulation*). Pada ketel uap jenis *natural circulation steam boiler* sirkulasi air ringan naik, sedangkan air yang berat turun, sehingga aliran konveksi alami.
- b. Ketel uap dengan sirkulasi paksa (*forced circulation boiler*). Pada ketel

uap jenis ini, pemaksaan aliran diperoleh dari sebuah pompa sentrifugal yang digerakkan oleh elektro motor, seperti ketel yang bertekanan tinggi.



Gambar 2.6 Ketel uap sirkulasi alami

a



Gambar 2.7 Ketel uap sirkulasi paksa

6. Klasifikasi berdasarkan bentuk dan letak pipa

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

7. Klasifikasi berdasarkan kapasitas uap yang dihasilkan

- a. *Small boiler* (maksimum 7 ton uap/jam)
- b. *Medium boiler* (7-250 ton uap/jam)
- c. *Large boiler* (di atas 250 m ton uap/jam)

8. Klasifikasi berdasarkan sumber panasnya

- a. Bahan bakar (padat, gas, cair)
- b. Listrik
- c. Proses kimia
- d. *Solar shell* (matahari)
- e. Nuklir

II.4. Bagian-Bagian Ketel Uap Type N-500 SA

Jenis ketel uap yang akan digunakan sebagai rujukan pada perencanaan ini adalah ketel uap merek Takuma tipe N-500 SA dengan kapasitas 15 ton uap/jam dengan tekanan 25 kg/cm². Bagian-bagian ketel ini terdiri dari :

1. Dapur ketel

Proses pembakaran bahan bakar terjadi pada ruang bakar. Untuk proses

pembakaran dibutuhkan udara dan bahan bakar yang proses pencampurannya

berlangsung dalam ruang bakar ketel, yang terletak di dalam tungku.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

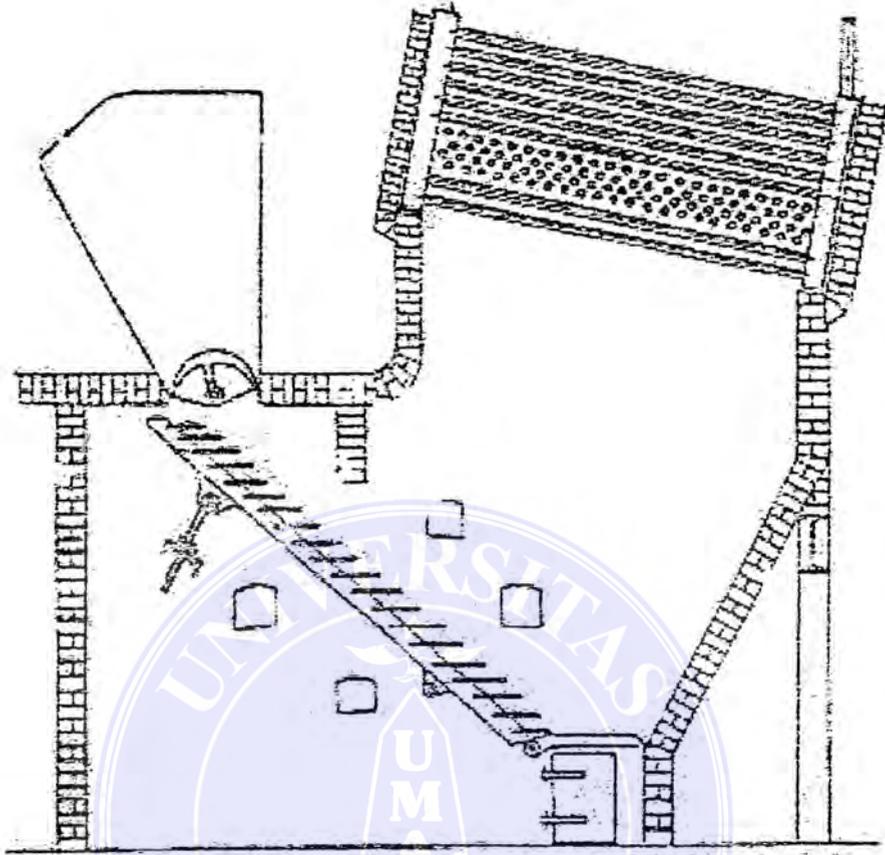
Sesuai dengan penempatannya, tungku pada ketel uap dibedakan menjadi tungku depan, tungku dalam dan tungku belakang.



2. Tungku kepan

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.



Gambar 2.8 Tungku depan

3. 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 nilai bakar rendah. Tungku dalam juga tidak cocok untuk bahan bakar yang menghasilkan asap atau jelaga yang banyak.

Keuntungan yang diperoleh dari tungku dalam adalah tidak banyak menyita ruangan dan kerugian panas karena pancaran panas oleh ruang tungku keluar

UNIVERSITAS MEDAN AREA

relatif kecil. Sedang kerugiannya adalah ukurannya terbatas karena ruang dimensik

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

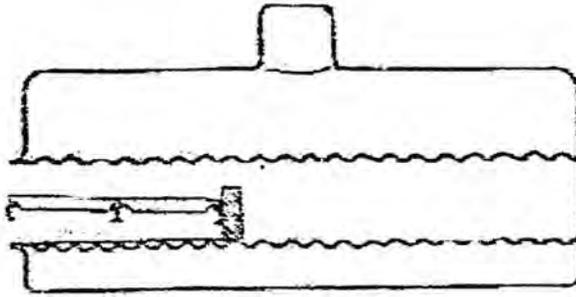
Document accepted 20/9/23

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

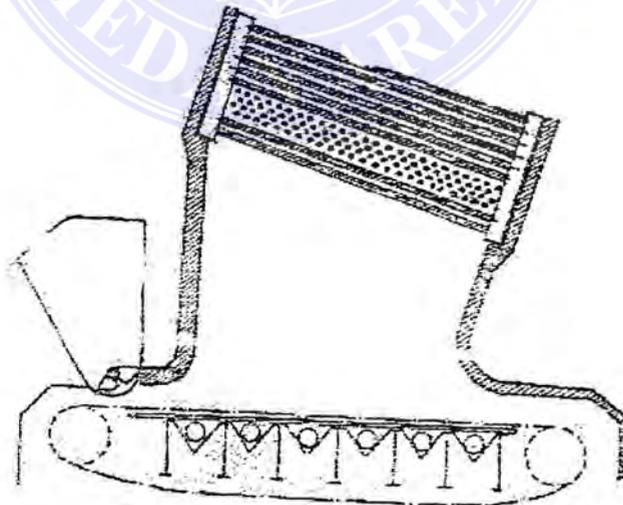
atau tergantung dari besarnya silinder api akibat panjang rangka bakarnya tidak lebih dari dua meter.



Gambar 2.9 Tungku dalam

4. Tungku bawah

Tungku bawah digunakan pada ketel-ketel pipa air. Dinding-dinding tungku dikelilingi oleh pipa-pipa air. Ketel uap yang ada pada Pabrik Kelapa Sawit (PKS) menggunakan tungku bawah. Pada ruang tungku bawah dikelilingi oleh pipa-pipa air berfungsi sebagai penguap pancaran (*radiant evaporator*).



Gambar 2.10 Tungku bawah

Ruang bakar bawah dibatasi oleh :

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

5. Pipa *water wall*

Merupakan pipa yang ditempatkan pada bagian dapur dan dibuat secara vertikal, yang berfungsi menyerap panas dan gas asap dari hasil pembakaran bahan bakar. Dimana perpindahan panas berlangsung secara radiasi. Air yang berada dalam pipa *water wall* menyerap panas sehingga temperaturnya naik dan berat jenisnya turun yang menyebabkan terjadi sirkulasi. Air yang keluar dari *water wall* diharapkan berbentuk uap jenuh.

6. Drum ketel uap

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA memiliki dokumen ini memuai dibanding dengan bagian bawah yang berbasan

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

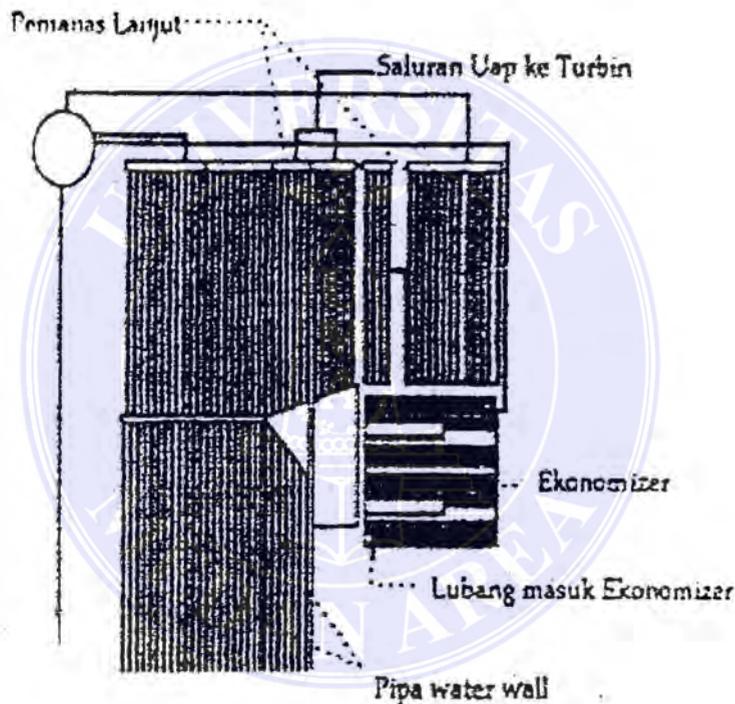
Document Accepted 20/9/23

dengan air

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

7. Pipa Super Heater

Pipa *super heater* berfungsi untuk menghasilkan uap yang benar-benar kering, agar dapat dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan, misalnya untuk menggerakkan turbin ketel uap. Uap yang dipanaskan pipa *super heater* ini berasal dari *upper drum*. Pipa-pipa *super heater* menerima panas gas asap yang sudah melewati alat pembentuk cair.



Gambar 2.11 Pipa super heater

Keuntungan menggunakan *super heater* adalah :

- a. 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.

- b. 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. Pembakaran pada Ketel Uap

1. Bererapa pengertian

- a. Bahan bakar ialah suatu zat dimana energi dapat diperoleh melalui reaksi kimia atau reaksi nuklir.
- b. Pembakaran adalah suatu reaksi kimia dimana terjadi energi panas, dimana dalam proses ini dibutuhkan udara atau oksigen. Hasil pembakara selain energy panas juga dihasilkan sisa-sisa pembakaran berupa gas-gas asap.

2. Jenis-jenis bahan bakar

- (a). **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. Sebagai contoh bahan bakar padat alam (kayu, batu bara), bahan bakar padat buatan (arang kayu, kokas, briket)
- (b). **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

- (c). **Bahan bakar gas** yang terdiri dari : (1) **gas alam**. Bahan bakar ini diperoleh dari tempat pengeboran minyak bumi, diantaranya gas metana (CH_4) bersama dengan gas ethana (C_2H_6), karbon monoksida (CO), gas LNG dan gas LPG. (2) **gas buatan**. Yang termasuk dalam gas buatan seperti *coal gas, producer gas, water gas, mond gas, gas dapur tinggi dan coke oven gas*.

3. Karakteristik Bahan Bakar

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

- Pembakaran dapat terjadi secara cepat serta mudah diperlakukan dan dikontrol.
- Memiliki kandungan energi yang tinggi (energi spesifik).
- Biaya yang rendah.
- Memiliki jumlah minimum zat polusi.
- Mudah untuk ditangani (*handling*, transportasi dan penyimpanannya).
- Aman dalam penanganan dan penyimpanan dan penggunaannya.

Bahan bakar yang digunakan ketel uap merek Takuma yang ada di PKS 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.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

- Bersifat ekonomis karena dapat menurunkan biaya produksi.**

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

Document Accepted 20/9/23

Access From (Repository.uma.ac.id)20/9/23

4. Pemilihan 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. Dalam pemilihan bahan bakar dari suatu ketel uap didasarkan kepada ; jumlah bahan bakar yang cukup (kuantitas), Nilai kalor bahan bakar harus mencukupi untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan, dan bahan bakar mudah diperoleh. Nilai kalorifik atau kandungan energi dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

- a). **Nilai kalor atas (*high heating value* = HHV)**, merupakan banyak energy panas yang diperoleh pada pembakaran sempurna dari 1 kg bahan bakar dengan memperhitungkan panas kondensasi uap air. Nilai kalor atas atau HHV, dapat dihitung menurut rumus Dulong, yaitu :

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

- b). **Nilai kalor rendah (*low heating value* = LHV)**. Merupakan besarnya energi panas yang dihasilkan oleh pembakaran 1 kg bahan bakar dimana H₂O 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 :

1. Perpindahan panas secara pancaran atau radiasi

Perpindahan panas secara pancaran atau radiasi adalah perpindahan panas antara suatu benda ke benda lainnya melalui gelombang-gelombang 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 ruang bakar 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 Stephan Boltzman ($\text{KJ/m}^2 \text{ jam K}$)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

A = Luas bidang yang terkena radiasi (m^2)

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

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

T_f = Temperatur yang terkena radiasi (K)

T_w = Temperatur nyala api (K)

E_w = Emisitas dinding ketel

E_f = Emisitas nyala api

2. Perpindahan panas secara perambatan atau 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 :

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

dimana :

K = Koefisien perambatan panas ($\text{KJ/m}^2 \text{ jam K}$)

x = Tebal pipa dari dinding ketel (m)

A = Luas dinding yang merambatkan panas (m^2)

T_1 = Suhu dinding ketel yang berbatasan dengan api (K)

T_2 = 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

air, uap ataupun udara. Dengan demikian penyerahan panas secara konveksi atau konduksi bersama-sama melalui proses-proses sebagai berikut :

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

Besarnya B_0 ditentukan berdasarkan :

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

3. Perpindahan Panas Secara Aliran atau 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 (m^2)

UNIVERSITAS MEDAN AREA
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 :

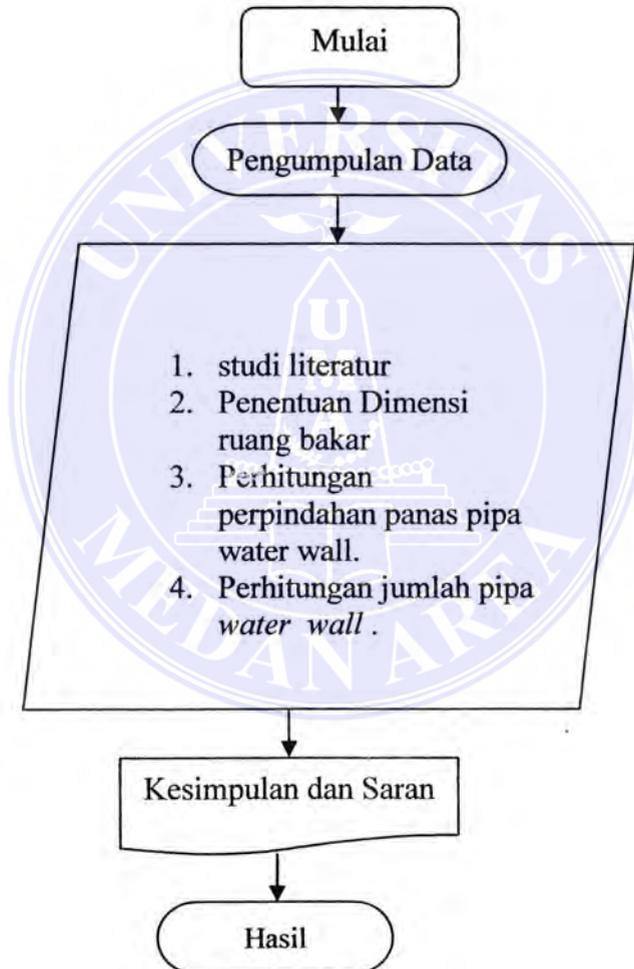
U = Koefisien perpindahan panas total



BAB III METODE PERANCANGAN

III.1. Prosedur Perancangan

Perancangan sebuah ruang bakar ketel uap akan lebih mudah dilakukan apabila flow chart yang akan diikuti. Oleh karena itu dalam perancangan ini akan mengikuti flow chart dibawah ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir

- 1). **Pengumpulan Data** . Survey dilapangan dilakukan untuk membandingkan antara studi literatur dengan keadaan yang sebenarnya di lapangan dan juga untuk mendapatkan hasil/data yang akurat serta aplikasi dari teori. Sehingga penulis dapat melihat secara langsung pada saat terjadinya proses pembentukan uap dan pemakaian bahan bakar.
- 2). **Studi Literatur**. Studi literatur digunakan sebagai bahan tinjauan pustaka yang menjadi landasan dasar penulis dalam melakukan analisa perhitungan.
- 3). **Analisa**. Dalam analisa ini penulis hanya menganalisa tentang dimensi ruang dapar dan hubungannya dengan variabel lainnya, seperti jumlah uap yang diperlukan, jumlah bahan bakar yang dibutuhkan, dan nilai pembakaran bahan bakar.
- 4). **Kesimpulan dan Saran**. Dari analisa tugas akhir ini adalah menyimpulkan bagaimana fenomena-fenomena yang terjadi didalam dinding dan diluar pipa *water wall* pada sebuah ketel uap.

III.2. Konstruksi Ruang Bakar

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. Konstruksi ruang bakar dibuat berdasarkan bahan bakar yang digunakan. Konstruksi ruang bakar dengan dinding pipa air dapat

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

Document Accepted 20/9/23

bermacam-macam, ada yang berhimpitan satu sama lainnya, ada yang berantara,

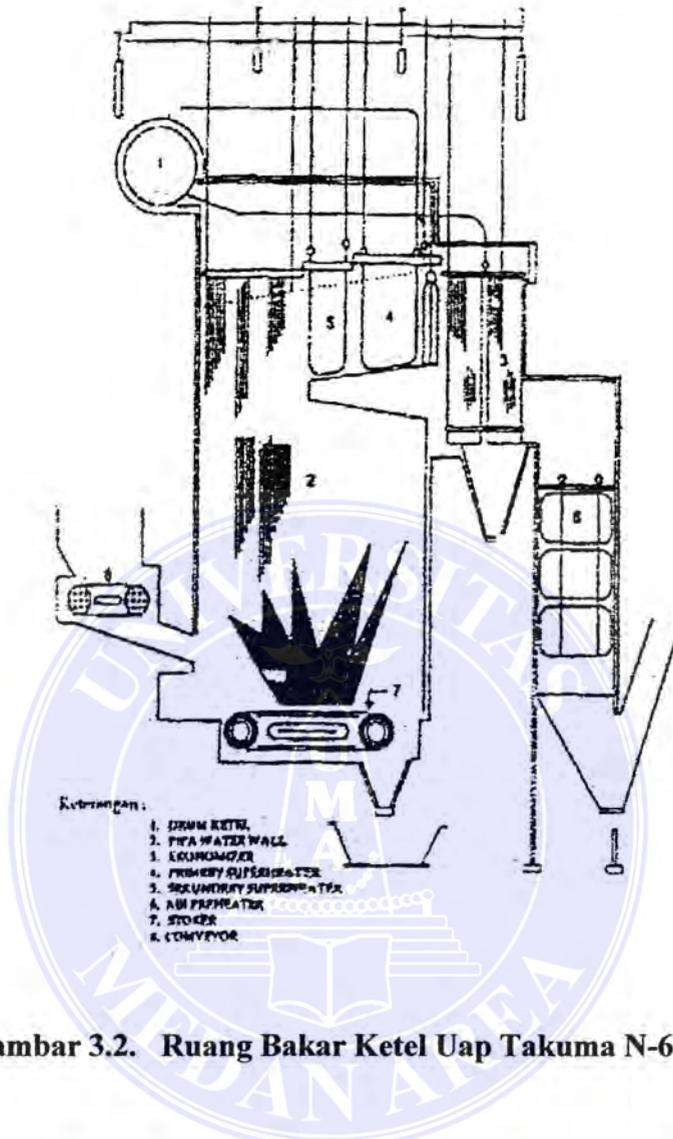
ada yang sebagian pipanya masuk ke dalam dinding batu tahan api, ada pula yang berjarak dengan dinding batu tahan api.

Fungsi dari bagian ruang bakar adalah sebagai berikut :

1. Luas permukaannya cukup untuk mengurangi suhu gas bekas sampai pada kebutuhan suhu uap panas lanjut.
2. Tingginya mencukupi untuk menjamin terjadinya sirkulasi pada pipa-pipa ruang bakar.
3. 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.
4. Ukuran lebar pada lintasan pembakaran yang cukup agar nyala api tidak menyentuh dinding depannya.
5. Ukuran lebar yang mencukupi untuk semua pembakaran agar masing-masing pembakaran tidak saling mempengaruhi.

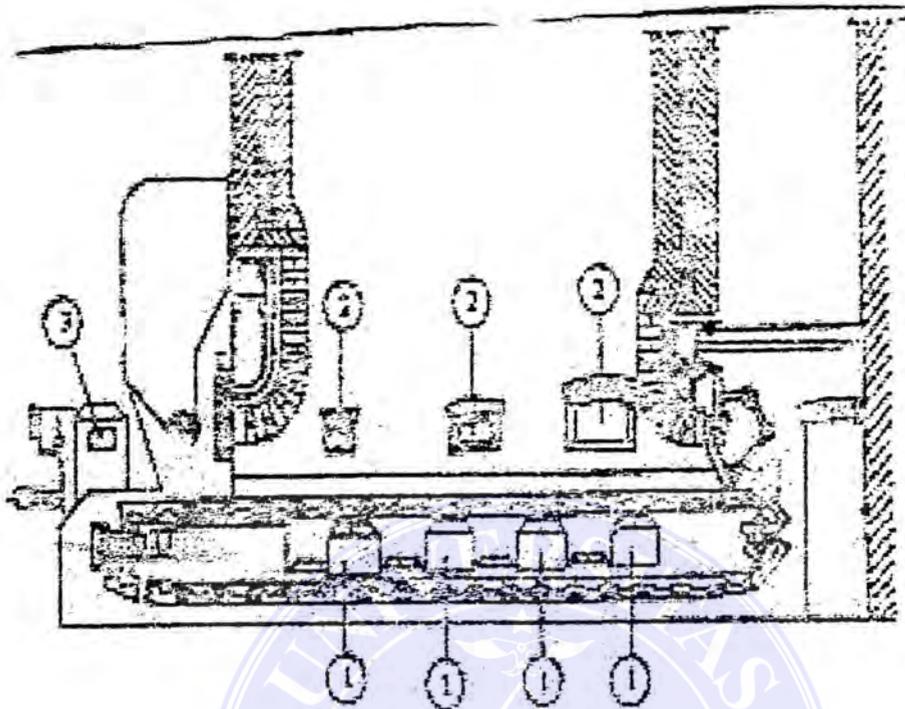
Konstruksi dapur ketel uap merek Takuma tipe N-500 SA dengan kapasitas 15 ton uap/jam dengan tekanan 25 kg/cm², dengan menggunakan tungku bawah dan fibre serta cangkang sebagai bahan bakar.

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.



Gambar 3.2. Ruang Bakar Ketel Uap Takuma N-600 SA

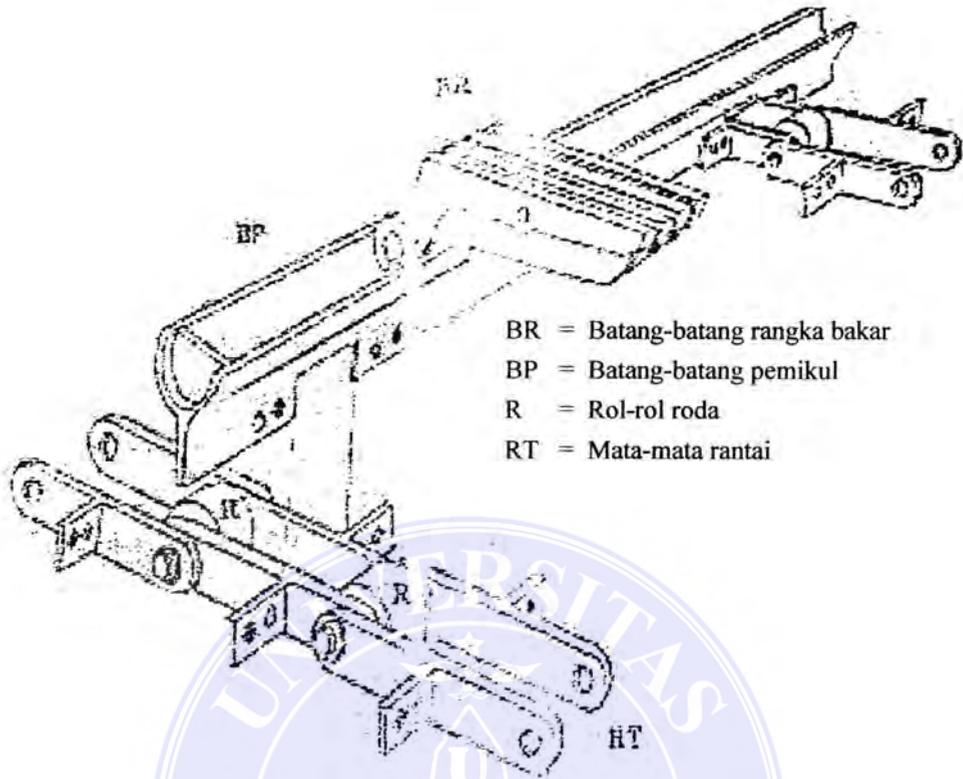
Pada ruang bakar tungku bawah memiliki rangka bakar rantai yang berfungsi sebagai ban berjalan untuk memasukkan bahan bakar ke dalam tungku.



Gambar 3.3. Rangka bakar rantai

Pada bagian tengah rangka bakar, setelah berlangsungnya proses penggegasan dan penyalaan maka pembakaran akan berlangsung dengan hebat sehingga dibutuhkan banyak udara pembakaran di zone tersebut. Semua udara yang dialirkan di zone 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 penyalaan dari bahan bakar.



Gambar 3.4. Bagian rangka bakar rantai



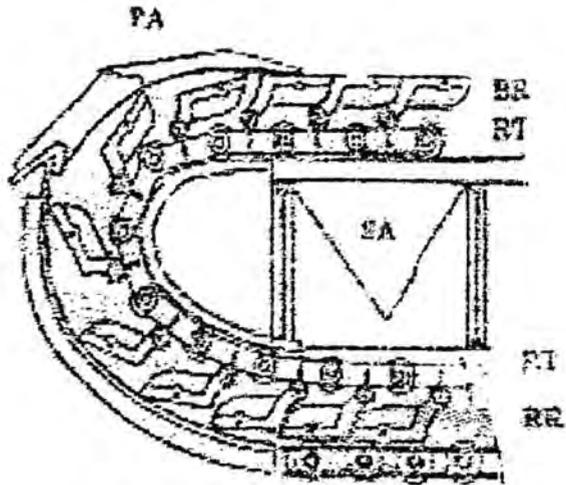
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

Gambar 3.5. Batang rangka bakar

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



Penggaruk abu pada rangka bakar

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

Gambar 3.6. Penggaruk abu pada bakar rantai

BAB V

KESIMPULAN

V. Perpindahan Panas Total

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 $Q = 4621096,596 \text{ w}$.

V.2. Ruang Bakar

Ruang bakar pada ketel uap yang dirancang adalah bentuk empat persegi dengan dimensi sebagai berikut :

- (a). Panjang : 4 m.
- (b). Lebar : 3 m.
- (c). Tinggi : 5 m.
- (d). Kemiringan atap : 25°



DAFTAR PUSTAKA

Holman, J.P. Perpindahan Kalor, 1992 Edisi 6, Erlangga, Jakarta.

El Wakil, M.M, Instalasi Pembangkit Daya, 1993, 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 42nd Street, New York, 1972.

