

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ketel Uap

Ketel uap merupakan gabungan yang kompleks dari pipa-pipa penguapan (*evaporator*), pemanas lanjut (*superheater*), pemanas air (*economiser*) dan pemanas udara (*air heater*). Pipa-pipa penguapan (*evaporator*) dan pemanas lanjut (*superheater*) mendapat kalor langsung dari proses pembakaran bahan bakar, sedangkan pemanas air (*economiser*) dan pemanas udara (*air heater*) mendapat kalor dari sisa gas hasil pembakaran sebelum dibuang ke atmosfer. (Kuntoro Tayubi, 2017 pembangunan pltu, batang : Jateng). ketel uap adalah suatu bejana tertutup yang di dalamnya berisi air untuk dipanaskan. Energi panas dari uap air keluaran ketel tersebut selanjutnya digunakan untuk berbagai macam keperluan, seperti untuk turbin uap, pemanas ruangan, mesin uap, dan lain sebagainya. Secara proses konversi energi, ketel memiliki fungsi untuk mengkonversi energi kimia yang tersimpan di dalam bahan bakar menjadi energi panas yang ditransfer ke fluida kerja.

Bejana bertekanan pada ketel umumnya menggunakan bahan baja dengan spesifikasi tertentu yang telah ditentukan dalam standard ASME ([The ASME Code Boilers](#)), terutama untuk penggunaan ketel pada industri-industri besar. Dalam sejarah tercatat berbagai macam jenis material digunakan sebagai bahan pembuatan ketel seperti tembaga, kuningan, dan besi cor. Namun bahan-bahan tersebut sudah lama ditinggalkan karena alasan ekonomis dan juga ketahanan material yang sudah tidak sesuai dengan kebutuhan industri. Panas yang diberikan kepada fluida di dalam ketel berasal dari proses pembakaran dengan berbagai macam jenis bahan bakar yang dapat digunakan, seperti kayu, batu bara, solar/minyak bumi, dan gas. Dengan adanya kemajuan teknologi, energi nuklir pun juga digunakan sebagai sumber panas pada boiler. (Santi, 2018 *ketel uap*, Jakarta).

Ketel uap adalah sebuah alat untuk menghasilkan uap, dimana terdiri dari dua bagian yang penting yaitu: dapur pemanasan, dimana yang menghasilkan panas yang di dapat dari pembakaran bahan bakar dan *boiler proper*, sebuah alat yang mengubah air menjadi uap (Suharto, 1991. *Manajemen Perawatan Mesin*, Jakarta). Uap atau *fluida* panas kemudian disirkulasikan dari ketel untuk berbagai proses dalam aplikasi pemanasan. Sebuah ketel uap harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

1. Dalam waktu tertentu harus dapat menghasilkan uap dengan berat tertentu dan tekanan lebih besar dari 1 atmosfer.
2. Uap yang dihasilkan harus dengan kadar air yang sedikit mungkin
3. Kalau dipakai alat pemanas lanjut, maka pada pemakaian uap yang tidak teratur, suhu uap tidak boleh berubah banyak dan harus dapat diatur dengan mudah
4. Pada waktu olah gerak dimana pemakaian uap berubah-ubah maka tekanan uap tidak boleh berubah banyak.



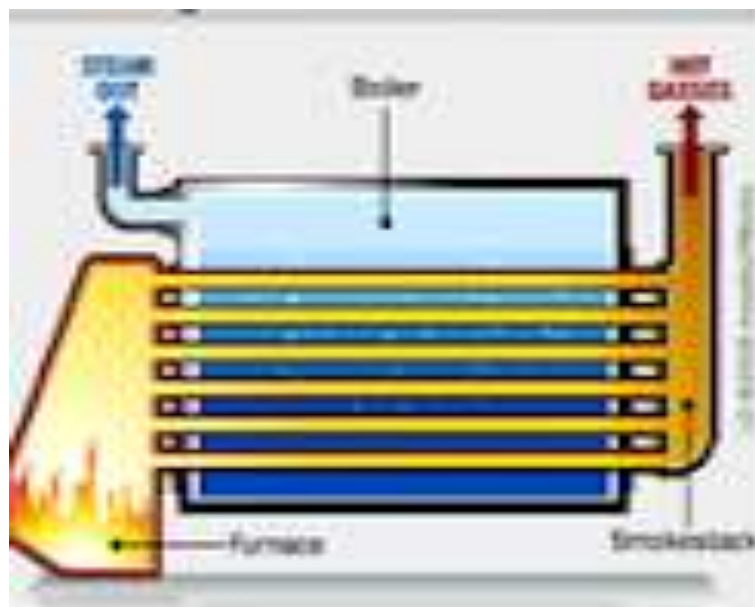
Gambar 1 Ketel Uap
(Kuntoro Tayubi, 2017 pembangunan pltu, batang : Jateng)

2.2 Macam-macam Ketel Uap

Jenis ketel uap dapat di bedakan dari berbagai macam hal seperti karakteristik, cara kerja, tipe pipa dan bahan bakar yang digunakan. Setiap jenis ketel memiliki kelebihan serta kekurangan masing-masing, seperti yang telah kita jabarkan di bawah ini:

1. *Fire tube boiler*

Pada *fire tube boiler*, gas panas melewati pipa-pipa dan air umpan ketel ada didalam shell untuk dirubah menjadi steam. *Fire tube boilers* biasanya digunakan untuk kapasitas steam yang relative kecil dengan tekanan steam rendah sampai sedang. Sebagai pedoman, *fire tube boilers* kompetitif untuk kecepatan steam sampai 12.000 kg/jam dengan tekanan sampai 18 kg/cm². *Fire tube boiler* dapat menggunakan bahan bakar minyak bakar, gas atau bahan bakar padat dalam operasinya. Untuk alasan ekonomis, sebagian besar *fire tube boilers* dikonstruksi sebagai “paket” *boilers* (dirakit oleh pabrik) untuk semua bahan bakar.

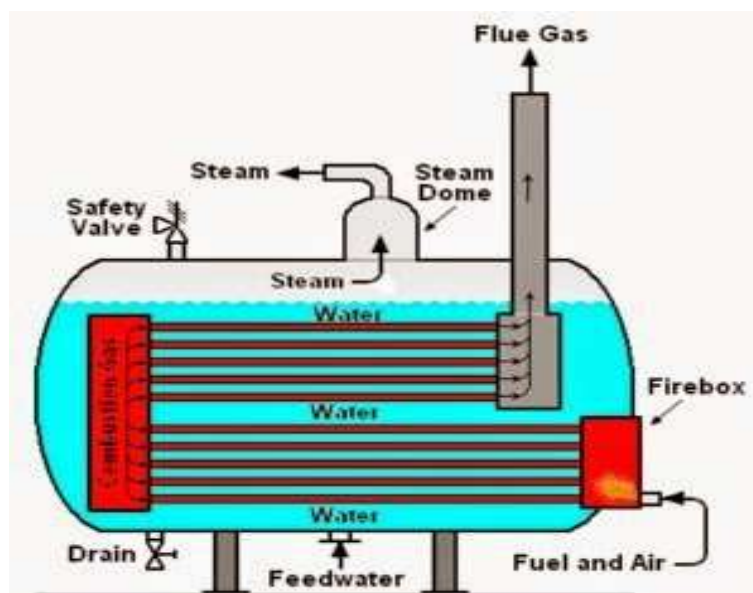


Gambar 2 Sectional dari Boiler Api Tabung
 Aini, 2015 *fire tube boiler complete*, batang : Jateng)

(Nia Nur

2. Water Tube Boiler

Pada *water tube boiler*, air umpan boiler mengalir melalui pipa-pipa masuk kedalam



drum. Air yang tersirkulasi dipanaskan oleh gas pembakar membentuk steam pada daerah uap dalam drum. Ketel ini dipilih jika kebutuhan steam dan tekanan *steam* sangat tinggi seperti pada kasus ketel untuk pembangkit tenaga. *Water tube boiler* yang sangat modern dirancang dengan kapasitas steam antara 4.500–12.000 kg/jam, dengan tekanan sangat tinggi. Banyak *water tube boilers* yang dikonstruksi secara paket jika digunakan bahan bakar minyak bakar dan gas. Untuk *water tube* yang menggunakan bahan bakar padat, tidak umum dirancang secara paket.

Gambar 3 Diagram sederhana dari Air Tabung ketel (handri mukhtar, 2013 *fire tube boiler dan water tube boiler*, malang : Jatim)

3. *Packaged* ketel

Disebut ketel *paket* sebab sudah tersedia sebagai paket yang lengkap. Pada saat dikirim ke pabrik, hanya memerlukan pipa steam, pipa air, suplai bahan bakar dan sambungan listrik untuk dapat beroperasi. *Paket* ketel biasanya merupakan tipe *shell and tube* dengan rancangan *fire tube* dengan transfer panas baik radiasi maupun konveksi yang tinggi. Ciri-ciri dari *packaged* ketel adalah:

- a. Kecilnya ruang pembakaran dan tingginya panas yang dilepas menghasilkan penguapan yang lebih cepat.
- b. Banyaknya jumlah pipa yang berdiameter kecil membuatnya memiliki perpindahan panas *konvektif* yang baik.
- c. Sistem *forced* atau *induced draft* menghasilkan efisiensi pembakaran yang baik.
- d. Sejumlah lintasan/pass menghasilkan perpindahan panas keseluruhan yang lebih baik.
- e. Tingkat *efisiensi thermis*nya yang lebih tinggi dibandingkan dengan ketel lainnya.

Pada saat perakitan, ketel paket ini hanya memerlukan beberapa tambahan komponen, yakni pipa steam, pipa air, suplai bahan bakar dan sambungan listrik untuk dapat mengoperasikan ketel. Struktur dari ketel paket. *Package* ketel ini biasanya merupakan tipe *shell and tube* dengan rancangan *fire tube* dengan transfer panas baik radiasi maupun konveksi yang tinggi. Ketel tersebut dikelompokkan berdasarkan jumlah *pass*nya yaitu berapa kali gas pembakaran melintasi ketel. Ruang pembakaran ditempatkan sebagai lintasan pertama setelah itu kemudian satu, dua, atau tiga set pipa api. ketel yang paling umum dalam kelas ini adalah unit tiga *pass* lintasan dengan dua set *fire-tube* pipa api dan gas buangnya keluar dari belakang ketel (Ir. Ganepo Tarigan, 2013).

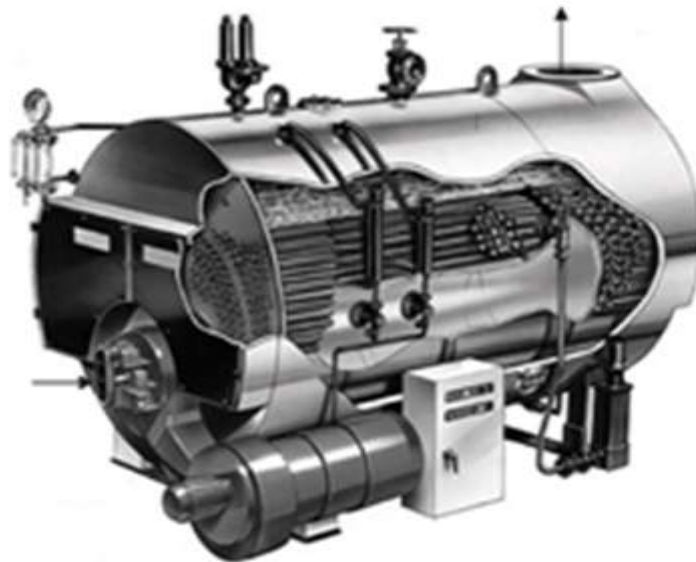
ketel tersebut dikelompokkan berdasarkan jumlah *pass*-nya yaitu berapa kali gas pembakaran melintasi ketel. Ruang pembakaran ditempatkan sebagai lintasan

pertama setelah itu kemudian satu, dua, atau tiga set pipa api. Ketel yang paling umum dalam kelas ini adalah unit tiga pass lintasan dengan dua set *fire-tube* pipa api dan gas buangnya keluar dari belakang ketel. Untuk mengoperasikan *boiler paket* ini membutuhkan lebih sedikit bahan bakar dan tenaga listrik, serta secara luas ketel ini digunakan dalam industri farmasi, makanan, keramik, dan industri lainnya. Bahan bakar yang paling banyak digunakan pada *package* ketel ini yakni minyak dan gas (Diky hari sandi, dkk, 2012). Penggunaan *package* ketel ini memiliki beberapa keuntungan dibandingkan jenis ketel lainnya, antara lain:

- a. Waktu instalasi yang singkat, hal ini karena komponen tambahan yang diperlukan tidaklah terlalu banyak.
- b. Memiliki unit yang sudah memenuhi standar, jadi tidak perlu merubah komponen yang telah dipasang sebelumnya
- c. Biaya instalasi ketel lebih rendah

Sedangkan kekurangan dari *package* ketel ini, yakni:

- a. Periode pengecekan dan pembersihan ketel lebih sering
- b. Proses pengiriman ketel yang sedikit sulit karena ketel sudah menjadi satu kesatuan yang utuh, jadi ukurannya besar



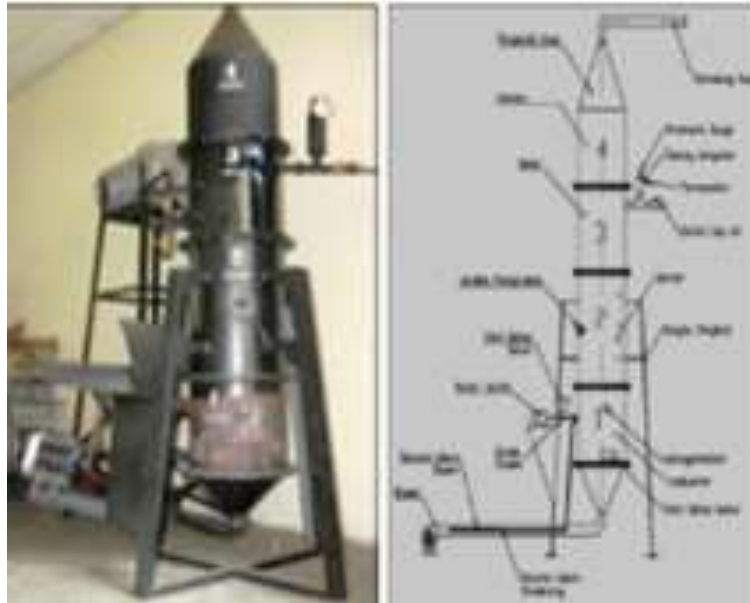
Gambar 4 *Oil fired packaged boiler*
Satria, 2017 *Oil Gas Fired Packaged Boiler*, Batang : Jateng)

(Dims

4. *Fluidized bed combustion*

Fluidized bed combustion muncul sebagai alternatif dan memiliki keuntungan yang signifikan atas sistem pembakaran konvensional dan memberikan banyak keuntungan desain kompak ketel, fleksibilitas bahan bakar, efisiensi pembakaran yang lebih tinggi dan mengurangi emisi polutan berbahaya. Bahan bakar dibakar di ketel ini termasuk batu bara, sekam padi, ampas tebu & limbah pertanian lain. Ketel *fluidized bed* memiliki kapasitas yang luas sebarannya 0,5 Ton/jam sampai lebih dari 100 Ton/jam. Ketika udara atau gas merata di lewatkan keatas melalui *Fluidized bed combustion* dibagi partikel padat seperti pasir didukung pada mesin halus, partikel tidak terganggu pada kecepatan yang rendah. Begitu kecepatan udaranya berangsur-angsur naik, terbentuklah suatu keadaan dimana partikel tersuspensi dalam aliran udara tersebut disebut "*fluidized*". Dengan peningkatan lebih lanjut dalam kecepatan udara, ada pembentukan gelembung, turbulensi yang kuat, pencampuran cepat dan pembentukan permukaan tidur didefinisikan padat. Bed partikel padat menampilkan sifat dari cairan mendidih dan penampilan cairan menggelelegak *fluidized bed*".

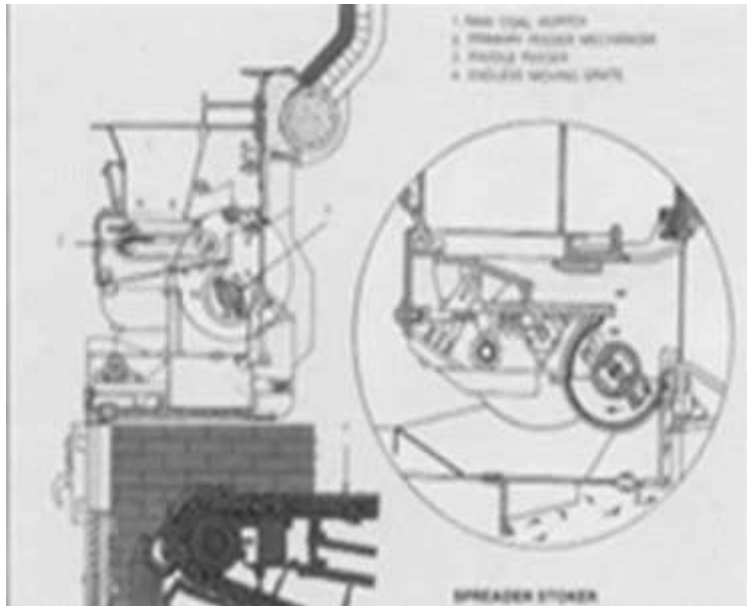
Jika partikel pasir dalam keadaan *fluidized* dipanaskan dengan suhu pengapian batubara, dan batu bara disuntikkan terus ke ketel *fluidized bed*, batu bara akan membakar dengan cepat dan ketel *fluidized bed* mencapai suhu yang seragam. Pembakaran dengan *fluidized bed* terjadi pada sekitar 840 °C hingga 950 °C. Semakin rendah suhu pembakaran dicapai karena koefisien tinggi perpindahan panas akibat pencampuran cepat dalam *fluidized bed* dan ekstraksi panas yang efektif dari ketel *fluidized bed* melalui tabung perpindahan panas dan dinding dari ketel *fluidized bed*. Kecepatan gas dipertahankan antara kecepatan *fluidisasi* minimum dan kecepatan masuk partikel.



Gambar 5 *Fluidized Bed Boiler*
(Yopi Subastian, 2010, *circulating fluidized bed boiler*, Batang : Jateng)

5. *Stoker Fired ketel*

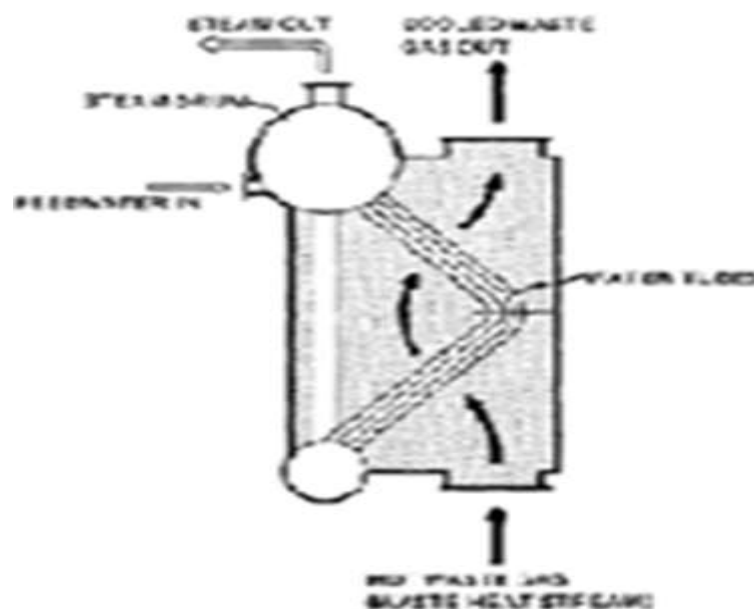
Stokers diklasifikasikan menurut metode memasukan bahan bakar ke tungku dan oleh jenis grate. Klasifikasi utama adalah *spreader stoker* dan *chain-gate* atau *traveling-gate stoker*. *Stokers Spreader* memanfaatkan kombinasi pembakaran suspensi dan pembakaran grate. Batubara terus dimasukkan ke dalam tungku di atas tempat tidur pembakaran batu bara. Denda batu bara dibakar dalam suspensi partikel yang lebih besar jatuh ke perapian, di mana mereka dibakar di tempat batu bara tipis, pembakaran cepat. Metode pembakaran ini memberikan *fleksibilitas* yang baik terhadap *fluktuasi* beban, dikarenakan penyalaan hampir seketika saat laju pembakaran meningkat. Disebabkan oleh *spreader stoker* lebih disukai dibanding jenis *stoker* lainnya dalam berbagai aplikasi industri.



Gambar 6 *Spreader Stoker* ketel
(Mukesh jha, 2012 *stoker boile types*, batang : Jateng)

6. Waste Heat Ketel

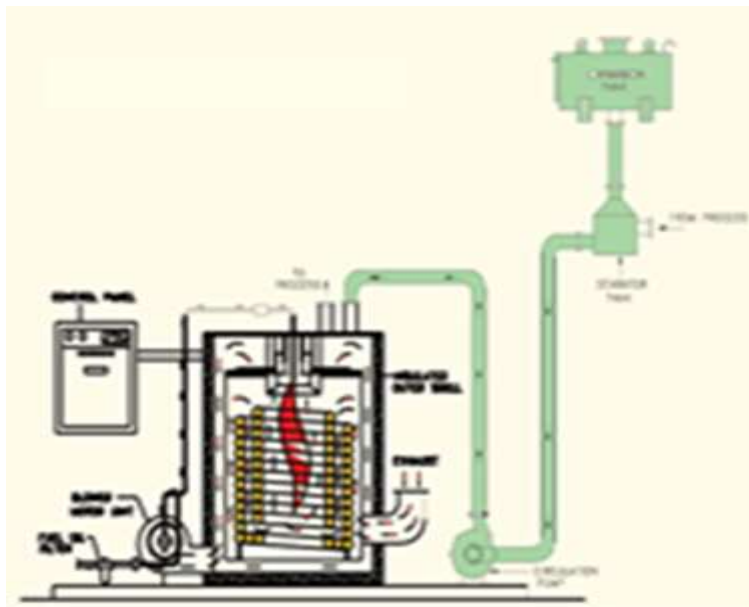
Dimanapun *waste heat* tersedia pada suhu menengah atau tinggi, ketel limbah panas dapat dipasang secara ekonomi. Dimanapun permintaan *steam* lebih dari uap yang dihasilkan selama *waste heat*, pembakar bahan bakar tambahan juga digunakan. Jika tidak ada penggunaan langsung dari uap, uap dapat dibiarkan ke bawah dalam uap *turbine-genset* dan listrik yang dihasilkan dari itu. Hal ini banyak digunakan dalam pemulihan panas dari gas buang dari turbin gas dan mesin diesel.



Gambar 7 A simple schematic of Waste Heat
(Oki Fianti, 2013 boiler dan jenis-jenisnya, batang : Jateng)

7. Thermic Fluid Heater

Dalam beberapa kali, pemanas *fluida termis* telah menemukan aplikasi luas untuk proses pemanasan tidak langsung. menggunakan minyak bumi yang berbasis cairan sebagai media perpindahan panas, pemanas ini memberikan suhu terus dipertahankan untuk peralatan pengguna. Sistem pembakaran terdiri dari sebuah *fixed grate* dengan susunan draft mekanis. bahan bakar modern minyak *thermic fluid heater* terdiri dari kumparan ganda, konstruksi tiga pass dan dipasang dengan sistem tekanan termodulasi. *The fluida termis*, yang bertindak sebagai pembawa panas, dipanaskan dalam pemanas dan beredar melalui peralatan pengguna. Ada mengalihkan panas untuk proses melalui penukar panas dan cairan ini kemudian dikembalikan ke pemanas. Aliran *fluida termis* pada akhir pengguna dikontrol oleh katup kontrol pneumatik dioperasikan, berdasarkan suhu operasi. Pemanas beroperasi pada api rendah atau tinggi tergantung pada suhu minyak yang kembali bervariasi dengan beban sistim.



Gambar 8 A typical configuration of Thermic Fluid Heater
(Oki Fianti, 2013 boiler dan thermic fluidheaters, batang : Jateng)

2.3 Komponen Ketel Uap

PLTU merupakan mesin pembangkit listrik tenaga uap yang mensupai listrik di masyarakat. Ketel Uap itu sendiri juga memiliki komponen-komponen sebagai pendukung

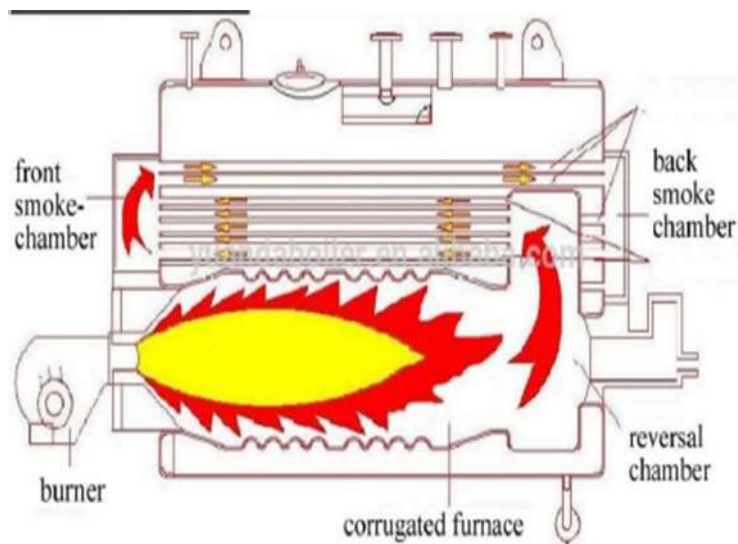
hidupnya ketel uap, komponennya yaitu yang terdiri dari komponen utama, peralatan pengaman ketel (*Apendages*), dan komponen pendukung (*auxiliaries*). Antara lain yaitu:

1. Komponen Utama

Sebelum menjelaskan keaneka ragaman ketel, perlu diketahui komponen dari ketel yang mendukung terciptanya *steam*, pada komponen utama di ketel uap memiliki lima (5) komponen yang penting dalam ketel (Rikson Sirait, 2012). berikut komponen-komponen pada ketel uap :

a. Dapur (*furnace*)

Ruang bakar adalah bagian dari ketel yang dindingnya terdiri dari pipa-pipa air. Pada sisi bagian depan terdapat sembilan burner yang letaknya terdiri atas 3 tingkat tersusun secara mendatar. Kebanyakan ketel uap yang di stasiun pembangkit tenaga yang berbahan bakar batu bara menggunakan batu bara halus, dan banyak ketel pipa air diindustri lebih besar juga menggunakan batu bara yang halus Teknologi ini berkembang dengan baik dan di seluruh dunia terdapat ribuan unit dan lebih dari 90 persen kapasitas pembakaran batu bara merupakan jenis ini. *Furnace* atau *heater* adalah peralatan proses yang digunakan untuk menaikkan temperatur suatu fluida dengan menggunakan panas hasil pembakaran dari bahan bakar cairan maupun bahan bakar gas yang menyala di dalam burner. Proses pembakaran di dalam *furnace* dilakukan dengan prinsip *fire triangle* (segitga api) yang menggunakan bahan bakar, sumber panas dan udara. Udara akan disuplai dari luar, kemudian akan keluar bersamaan dengan gas hasil pembakaran pada cerobong asap. Dapur (*furnace*) atau disebut juga *combustion chamber* sebagai alat untuk mengubah energi kimia menjadi energi panas.

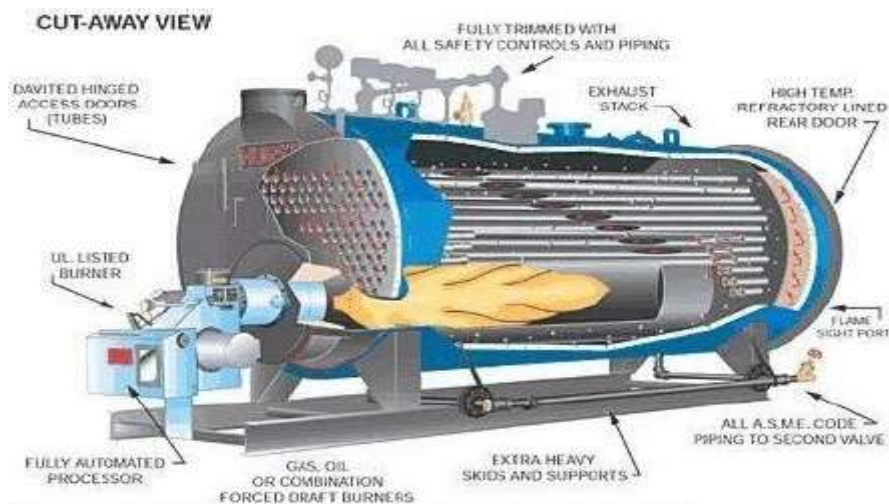


Gambar 9 Ruang Bakar

(suhardiyanto, 2009, sekelumit tentang *boiler* pltu, batang : Jateng)

b. Alat penguap (*Evaporator*)

Penguap (*Evaporator*) yang mengubah energi pembakaran menjadi energi potensial uap. Alat ini terdiri dari pipa atau tabung penguap (*riser tube*), drum uap (*steam drum*) dan drum air (*water* atau *mud drum*)" serta pipa penyalur turun (*down comer tube*)". Pada bagian ini terjadi proses perpindahan panas (*heat transver*) antara gas panas dari tungku dengan air dalam pipa-pipa yang mengubah air menjadi uap. Sistem pemipaan tergantung tipe ketel, seperti pipa api pada ketel pipa api, dan pipa air pada ketel pipa air.



Gambar 10 *Evaporator*

(suhardiyanto, 2009, sekelumit tentang *boiler* pltu, batang : Jateng)

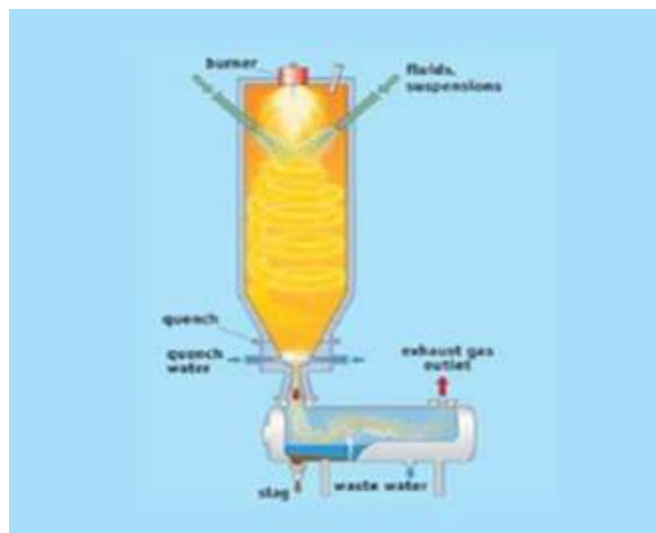
c. Pemanas Lanjut

Pemanas lanjut (*Super heater*) Uap yang berasal dari penguapan di dalam drum atas belum dapat di pergunakan oleh turbin uap, oleh karena itu harus dilakukan pemanasan uap lanjut melalui pipa uap pemanas lanjut (*Super heater Pipe*) hingga uap benar-benar kering dengan temperatur 360°C-340°C Pipa-pipa pemanas uap lanjut dipasang di dalam ruang pembakaran kedua hal ini mengakibatkan uap basah yang dialirkan melalui pipa tersebut akan mengalami pemanasan lebih lanjut.

d. *Burner*

Burner adalah suatu alat yang menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang bakar dan menghasilkan api. sampai saat ini banyak yang menggunakan ketel uap, untuk

menggunkan pembangkit listrik. *Boiler* atau boleh juga kita sebut juga dengan ketel uap adalah sebuah bejana tertutup yang dapat membentuk uap dengan tekanan lebih besar dari sari atmosfer dengan jalan memanaskan air ketel yang berada di dalamnya dengan gas-gas panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Sebuah ketel atau ketel uap harus di lengkapi peralatan dapat membantu kinerjanya sehingga operasional ketel berjalan dengan aman. Merupakan peralatan pembakar yang bahan bakarnya terbagi menjadi bagian-bagian kecil sehingga memudahkan proses pembakaran dengan udara. Bahan bakar *High Speed Diesel* dipergunakan untuk pembakaran awal. Sedangkan bahan bakar utamanya adalah residu. Penyalaan burner tergantung pada beban-beban unit. *Burner Management System* (BMS) adalah penyaluran konfigurasi penyalaan burner pada saat *start up* atau *shut down* dan *load change*. Burner yang menyala atau mati tergantung pada beban generator yang sebanding dengan kapasitas bahan bakar untuk memproduksi uap pada ketel.



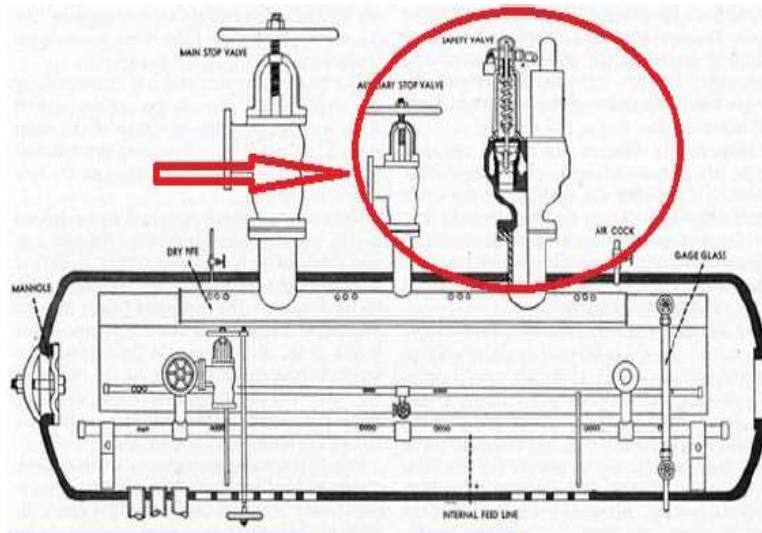
Gambar 11 *Burner*
(Adhiatma Agus, 2011 komponen *boiler* pipa air, Batang : Jateng)

2. Peralatan Pengaman Ketel (*Apendages*)

Apendages ketel uap adalah peralatan ketel yang di badan/body ketel yang berfungsi untuk keamanan apabila terjadi ubnormal. *Apendages* ketel sudah di tetapkan oleh Undang-Undang keselamatan kerja. Berbagai *appendages* yang bersinggungan dengan uap tidak boleh menggunakan bahan dari besi tua, karena terlalu rapuh. *Apendages* adalah suatu alat pengaman yang harus ada pada ketel sehingga ketel dapat beroperasi dengan aman. Adapun alat pengaman pada ketel meliputi :

- a. Katup pengaman (*safety valve*)

Alat ini bekerja membuang uap pada tekanan yang telah ditentukan sesuai dengan penyetelan klep pada alat ini. Umumnya pada katup pengaman tekanan uap basah (*saturated steam*) disetel pada tekanan 21 kg/cm², sedangkan pada katup pengaman tekanan uap lanjut (*superheated steam*) di setel pada tekanan 20,5 kg/cm². Penyetelan hanya dilakukan bersama hanya dengan petugas BPNKK (Badan Pembina Normal Keselamatan Kerja) setelah adanya pemeriksaan berkala atau revisi besar.



Gambar 12 Katup Pengaman
(Kurniawan Shinobi, 2010 komponen ketel uap, Batang : Jateng)

b. Gelas penduga (*sight glass*)

Gelas penduga adalah alat untuk melihat tinggi rendahnya air didalam drum air, untuk memudahkan pengontrolan air dalam ketel waktu operasi. Agar tidak terjadi penyumbatan-penyumbatan pada kran-kran uap dan air pada alat ini, maka perlu diadakan spui air secara priodik pada semua kran minimal setiap 3 (tiga) jam. Gelas penduga ini dilengkapi dengan alat pengontrol air otomatis, bel akan berbunyi dan lampu merah akan menyala pada waktu kekurangan air. Pada waktu kekurangan air, bell akan berbunyi dan lampu kuning akan hidup.



Gambar 13 Gelas Penduga
(Kurniawan Shinobi, 2010 komponen ketel uap, Batang : Jateng)

c. Kran suplai air (*blower down valve*)

Kran splai air ini dipasang 2 (dua) tingkat, satu buah kran buka cepat (*quick action valve*) dan satu buah lagi kran ulir. Bahan dari kedua kran ini dibuat dari bahan yang bertekanan dan temperatur tinggi.

d. Keran Uap Induk

Kran uap induk berfungsi sebagai alat untuk membuka dan menutup aliran uap keluar ketel yang terpasang pada pipa induk. Alat ini dibuat dari bahan tahan panas dan tekanan tinggi.



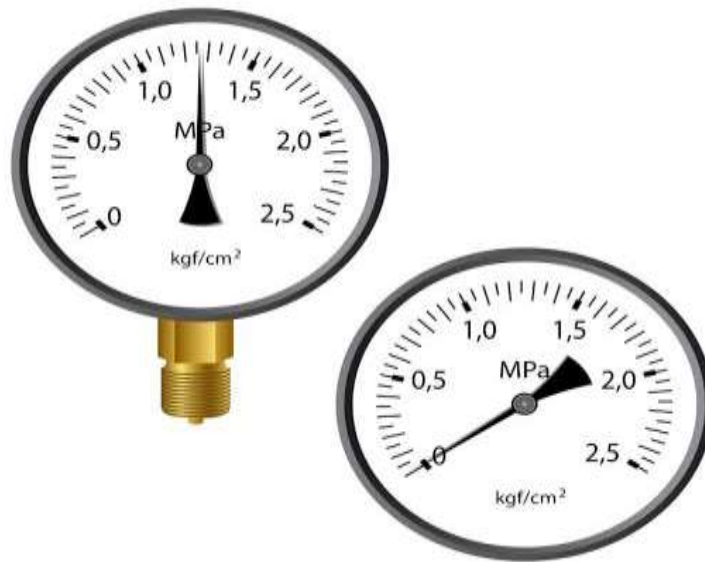
Gambar 14 Keran Uap Induk
(Kurniawan Shinobi, 2010 komponen ketel uap, Batang : Jateng)

e. Kran pemasukan air

Air pengisi ketel terdapat 3 sumber antara lain : Air kondensat dan air bebas mineral (*demineralized water*). Air kondensat di dapatkan dari hasil kondensasi uap bekas (*exhaust steam*) yang telah di gunakan sebagai pemanas pada proses produksi yang lain. Terjadinya pengembunan uap bekas adalah sebai berikut: *Steam* sebagai media dalam bentuk uap kering (*super heated steam*), setelah digunakan sebagai penggerak utama, masih dalam bentuk uap, sehingga disebut uap bekas *exhaust steam*. *Exhaust steam* masih dapat dimanfaatkan sebagai pemanas dalam proses produksi yang lain. Dari hasil pertukaran panas tersebut uap bekas mengalami penurunan temperatur dan tekanan, sehingga terjadi proses kondensasi yang mengubah *exhaust steam*.

f. Pengukur tekanan (*manometer*)

Manometer adalah alat pengukur tekanan uap di dalam ketel yang dipasang satu buah untuk tekanan uap di panasi lanjut dan satu buah lagi untuk tekan uap basah. Untuk menguji kebenaran penunjuk alat ini, pada setiap *manometer* di pasang kran cabang tiga yang digunakan untuk memasang *manometer* panera (*manometer tera*).



Gambar 15 Pengukur tekanan (*manometer*)
(Kurniawan Shinobi, 2010 komponen ketel uap, Batang : Jateng)

- e. Kran pemasukan air menjadi air kondensat. Kondensat tersebut di tampung dan di alirkan ke stasiun ketel, sebagai air pengisi ketel.

3. Komponen Pendukung

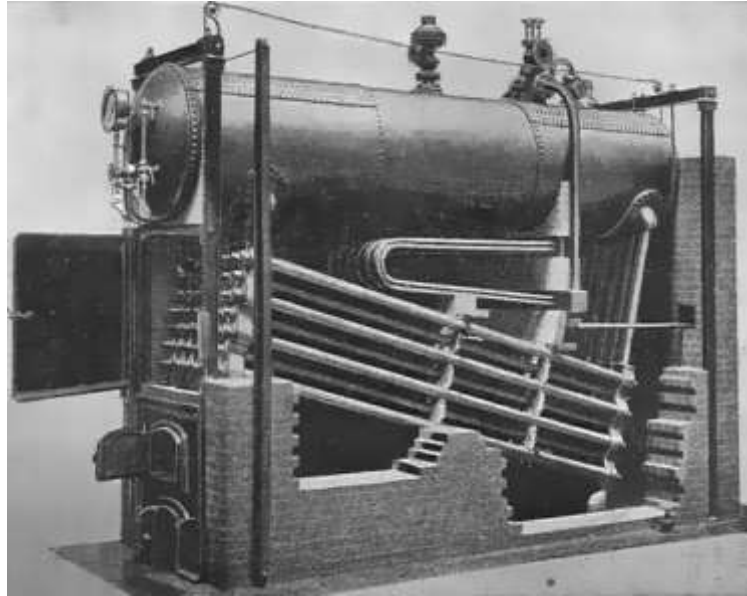
Komponen pendukung merupakan komponen untuk membatu ketel bekerja, tanpa komponen pendukung ketel tidak dapat bekerja(Yopi Subastian, 2010). berikut ini merupakan bagian komponen pendukung yaitu :

- a. Pompa dan Kran Pemasukan Air

Pompa ini bertugas selain mengisi air kedalam boiler, juga berfungsi untuk menaikkan tekanan air dan uap sesuai dengan tekanan kerja ketel. Kran pemasukan air terdiri 2 (dua) buah kran yaitu satu buah kran ulir dan satu buah lagi kran arah (*non return valve*). Kedua alat ini terbuat dari bahan yang tahan panas dan tekanan tinggi.

- b. Pemipaan

Sistem pemipaan, seperti pipa-pipa penyalur uap, pemipaan yang pada sistem pengumpan air, dan sistem pembakaran dengan bahan bakar minyak dan gas.



Gambar 16 Pipa Ketel Uap
(Kurniawan Shinobi, 2010 komponen ketel uap, Batang : Jateng)

c. Pemanas Udara (*Air heater*)

Air heater yaitu alat pemanas udara penghembus bahan bakar. Prinsip kerja *air heater* yaitu memanaskan udara yang lewat disela-sela pipa dialiran udara yang dihembus oleh *forced fan* merupakan alat bantu ketel yang berfungsi sebagai penghembus bahan bakar supaya mendapatkan udara penghembus yang bersuhu tinggi antara 250-350 derajat celsius. FDF boleh dioperasikan setelah *induced draft fan* (IDF) dioperasikan terlebih dahulu. Dengan adanya udara penghembus yang bersuhu tinggi, maka keuntungan yang di dapatkan antara lain:

- 1) Mempercepat terbakarnya bahan bakar, yang berarti pula mempercepat pembuatan uap atau steam.
- 2) Mengurangi jumlah bahan bakar persatuan uap yang berarti *boiler efficiency* bertambah.
- 3) Produksi uap lebih tinggi

d. Sistem Gas Buang (*Flue Gas*)

Gas bekas setelah ruang pembakaran kedua dihisap oleh blower isap melalui saringan abu (*Dust Collector*) kemudian dibuang keudara bebas melalui cerobong asap (*Chimney*). Pengaturan tekanan didalam dapur dilakukan pada corong keluar (*Blower*

Exhaust) dengan katup yang diatur secara otomatis oleh alat hidrolis (*Furnace Draft Control*).

e. *Blower/Fan*

Blower adalah salah satu alat yang di gunakan untuk membuang udara di luar. Udara tersebut berfungsi untuk panas di pembakaran pada foat ketel uap sedang di operasikan.

f. *Daerator*

Daerator adalah pesawat pemisah udara dari air kondensat dan pemanas air sebelum di pompa ke dalam ketel sebagai air umpan. Media pemanas adalah *exhaust steam* pada tekanan kurang lebih 1kg/cm² dengan suhu kurang lebih 105-110 °C. Fungsi utama *daerator* adalah menghilangkan oksigen, untuk menghindari terjadinya karat pada dinding ketel. Setelah melalui *daerator gas* dalam air umpan yang diizinkan adalah kurang dari 0,05 ppm. Keuntungan penggunaan *daerator* adalah dengan kenaikan suhu air pengisi ketel menadi antara 105-110 °C, hal tersebut akan dapat mempercepat pembuatan uap (evisiensi ketel bertambah). Air yang akan dipompa kedalam boiler, sebelumnya telah diolah di *water Treatment Plant* sehingga air memiliki konduktiitas nol dan kandungan SiO₂ rendah, biasanya disebut *demineralized water*.

2.4 Cara Kerja Ketel Uap

Cara kerja Ketel Uap Adalah Energi kalor yang dibangkitkan dalam sistem boiler memiliki nilai tekanan, temperatur, dan laju aliran yang menentukan pemanfaatan steam yang akan digunakan. Berdasarkan ketiga hal tersebut sistem ketel mengenal keadaan tekanan-temperatur rendah (*low pressure*), dan tekanan-temperatur tinggi (*high pressure*), dengan perbedaan itu pemanfaatansteam yang keluar dari sistem ketel dimanfaatkan dalam suatu proses untuk memanaskan cairan dan menjalankan suatu mesin (*commercial and industrial boilers*), atau membangkitkan energi listrik dengan merubah energi kalor menjadi energi mekanik kemudian memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik (*power boilers*). Namun, ada juga yang menggabungkan kedua sistem ketel tersebut, yang memanfaatkan tekanan-temperatur tinggi untuk membangkitkan energi listrik, kemudian sisa steam dari turbin dengan keadaan tekanan-temperatur rendah dapat dimanfaatkan ke dalam proses industri dengan bantuan *heat recovery* ketel (haryadi, 2011 ketel uap, Jakarta).

Sistem ketel terdiri dari sistem air umpan, sistem *steam*, dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk ketel secara otomatis sesuai dengan kebutuhan *steam*. Berbagai keran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan dari sistem air umpan, penanganan air umpan diperlukan sebagai bentuk pemeliharaan untuk mencegah terjadi

kerusakan dari sistem *steam*. Sistem *steam* mengumpulkan dan mengontrol produksi *steam* dalam *ketel*. *Steam* dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan steam diatur menggunakan keran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang diperlukan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada system (santi, 2015, Ketel Uap, Jakarta).