

## PERTEMUAN 3 : BOILER

### Pengertian Boiler (Ketel Uap)

Boiler atau ketel uap adalah suatu bejana/wadah yang di dalamnya berisi air atau fluida lain untuk dipanaskan. Energi panas dari fluida tersebut selanjutnya digunakan untuk berbagai macam keperluan, seperti untuk turbin uap, pemanas ruangan, mesin uap, dan lain sebagainya. Secara proses konversi energi, boiler memiliki fungsi untuk mengkonversi energi kimia yang tersimpan di dalam bahan bakar menjadi energi panas yang tertransfer ke fluida kerja.

Bejana bertekanan pada boiler umumnya menggunakan bahan baja dengan spesifikasi tertentu yang telah ditentukan dalam standard ASME (The ASME Code Boilers), terutama untuk penggunaan boiler pada industri-industri besar. Dalam sejarah tercatat berbagai macam jenis material digunakan sebagai bahan pembuatan boiler 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 boiler berasal dari proses pembakaran dengan berbagai macam jenis bahan bakar yang dapat digunakan, seperti kayu, batubara, solar/minyak bumi, dan gas. Dengan adanya kemajuan teknologi, energi nuklir pun juga digunakan sebagai sumber panas pada boiler.

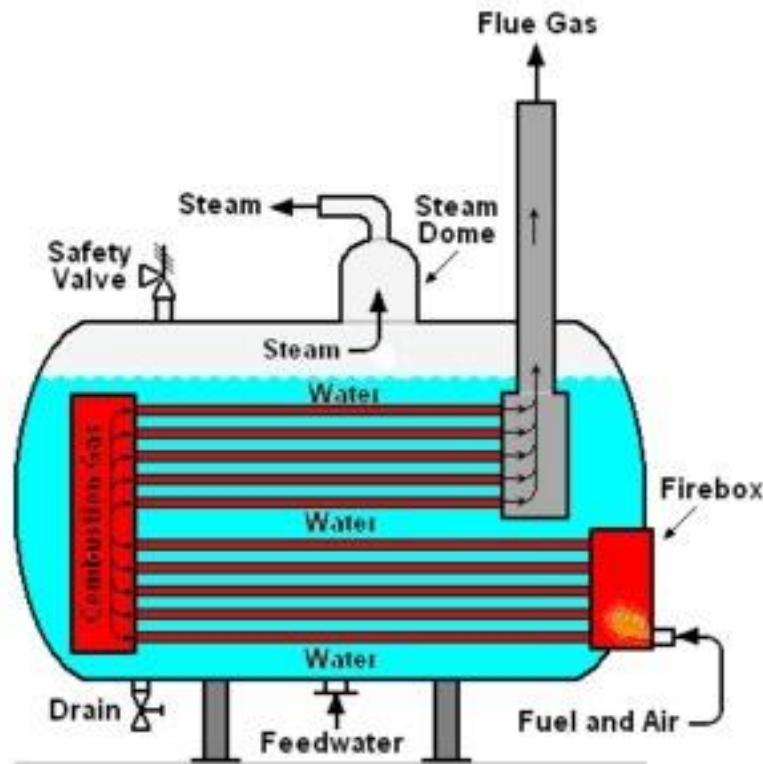
### Dan berikut adalah beberapa jenis boiler:

#### 1. “Pot Boiler” atau “Haycock Boiler”

Merupakan boiler dengan desain paling sederhana dalam sejarah. Mulai diperkenalkan pada abad ke 18, dengan menggunakan volume air besar tapi hanya bisa memproduksi pada tekanan rendah. Boiler ini menggunakan bahan bakar kayu dan batubara. Boiler jenis ini tidak bertahan lama penggunaannya karena efisiensinya yang sangat rendah.

#### 2. Fire-Tube Boiler (Boiler Pipa-Api)

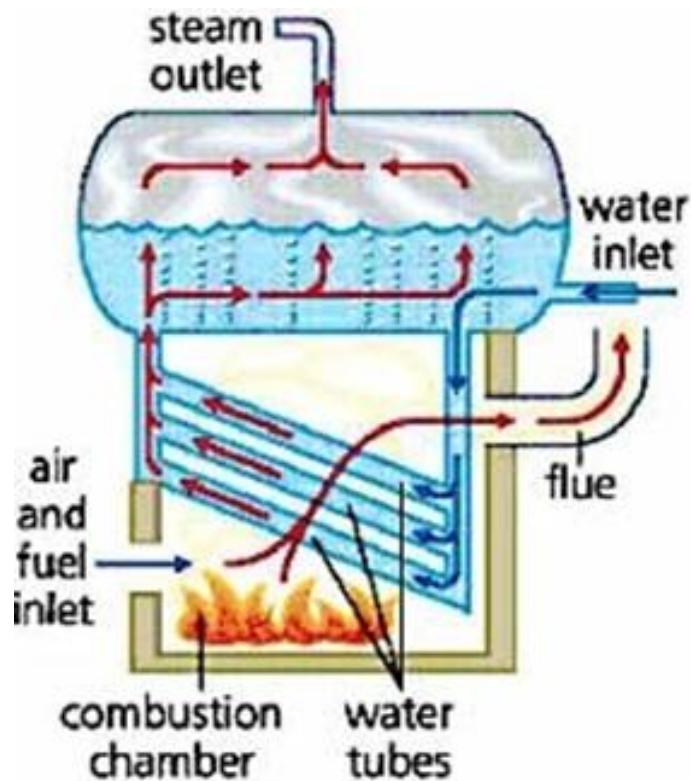
Pada perkembangan selanjutnya muncul desain bari boiler yakni boiler pipa-api. Boiler ini terdapat 2 bagian di dalamnya, yaitu sisi tube/pipa dan sisi barrel/tong. Pada sisi barrel berisi fluida/air, sedangkan sisi pipa merupakan tempat terjadinya pembakaran.



Boiler pipa-api biasanya memiliki kecepatan produksi uap air yang rendah, tetapi memiliki cadangan uap air yang lebih besar.

### 3. Water-Tube Boiler (Boiler Pipa-Air)

Sama seperti boiler pipa-api, boiler pipa-air juga terdiri atas bagian pipa dan barrel. Tetapi sisi pipa diisi oleh air sedangkan sisi barrel menjadi tempat terjadinya proses pembakaran. Boiler jenis ini memiliki kecepatan yang tinggi dalam memproduksi uap air, tetapi tidak banyak memiliki cadangan uap air di dalamnya.

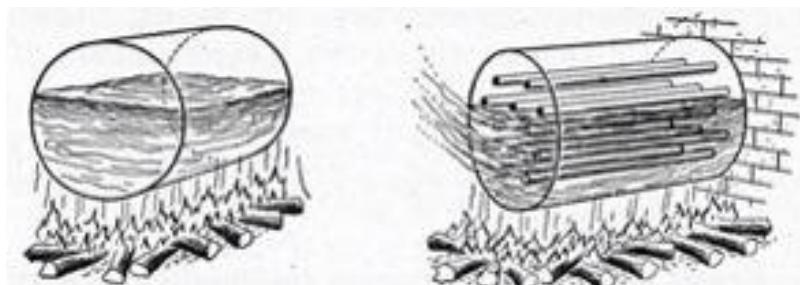


#### 4. Kombinasi Boiler Pipa-Api dengan Pipa-Air Firebox

Boiler jenis ini merupakan kombinasi antara boiler pipa-api dengan pipa-air. Sebuah firebox didalamnya terdapat pipa-pipa berisi air, uap air yang dihasilkan mengalir ke dalam barrel dengan pipa-api didalamnya. Boiler jenis ini diaplikasikan pada beberapa kereta uap, namun tidak terlalu populer dipergunakan.

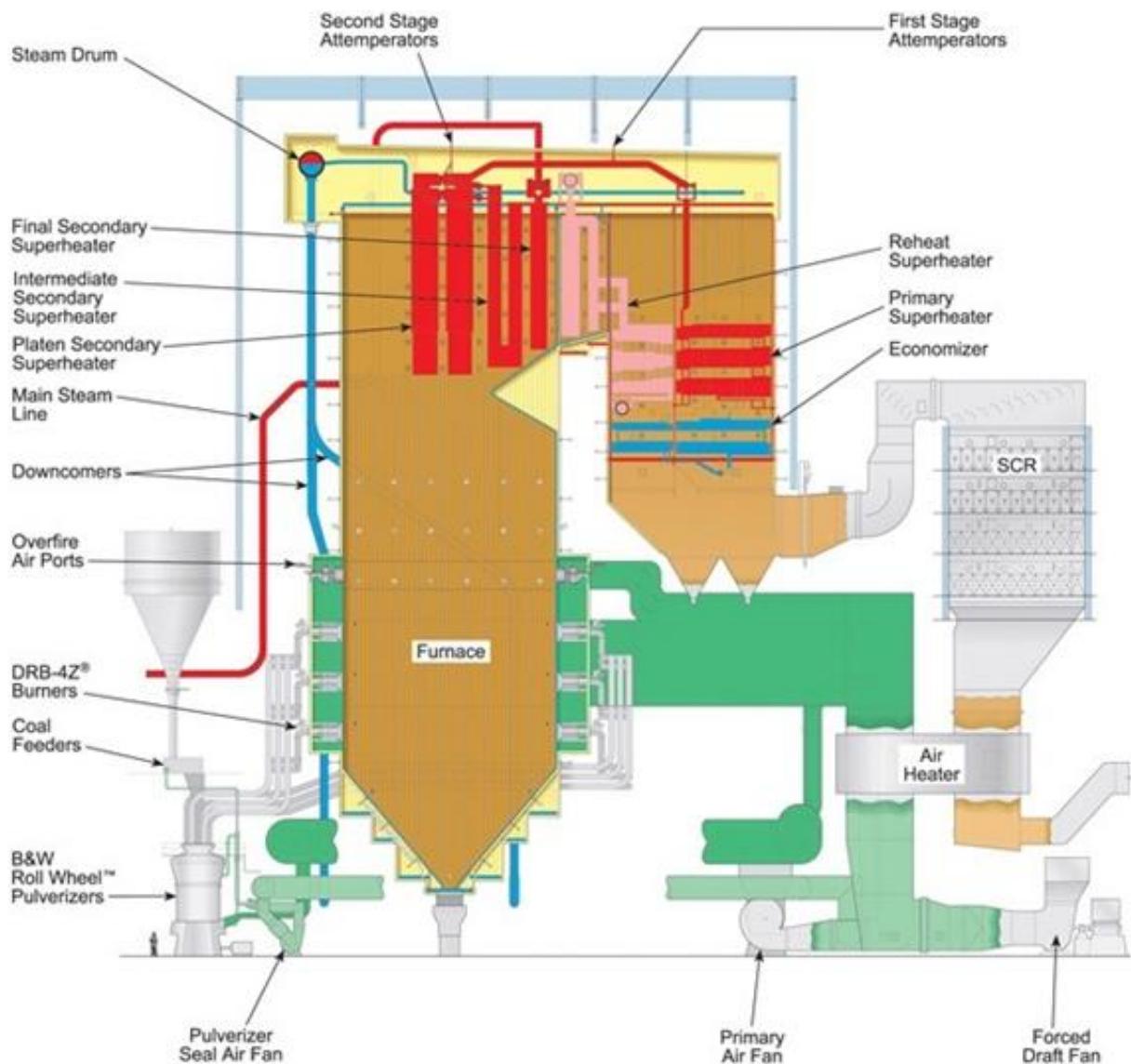
#### Prinsip Kerja Boiler

Boiler adalah sebuah wadah tertutup berisi air atau fluida lain untuk dipanaskan. Sekalipun sebuah boiler tidak harus berfungsi untuk mendidihkan fluida, namun kita lebih familiar dengan boiler yang berfungsi untuk mendidihkan air sehingga memproduksi uap air. Sehingga pada umumnya kita lebih memahami bahwa boiler adalah sebuah alat untuk memproduksi uap air.

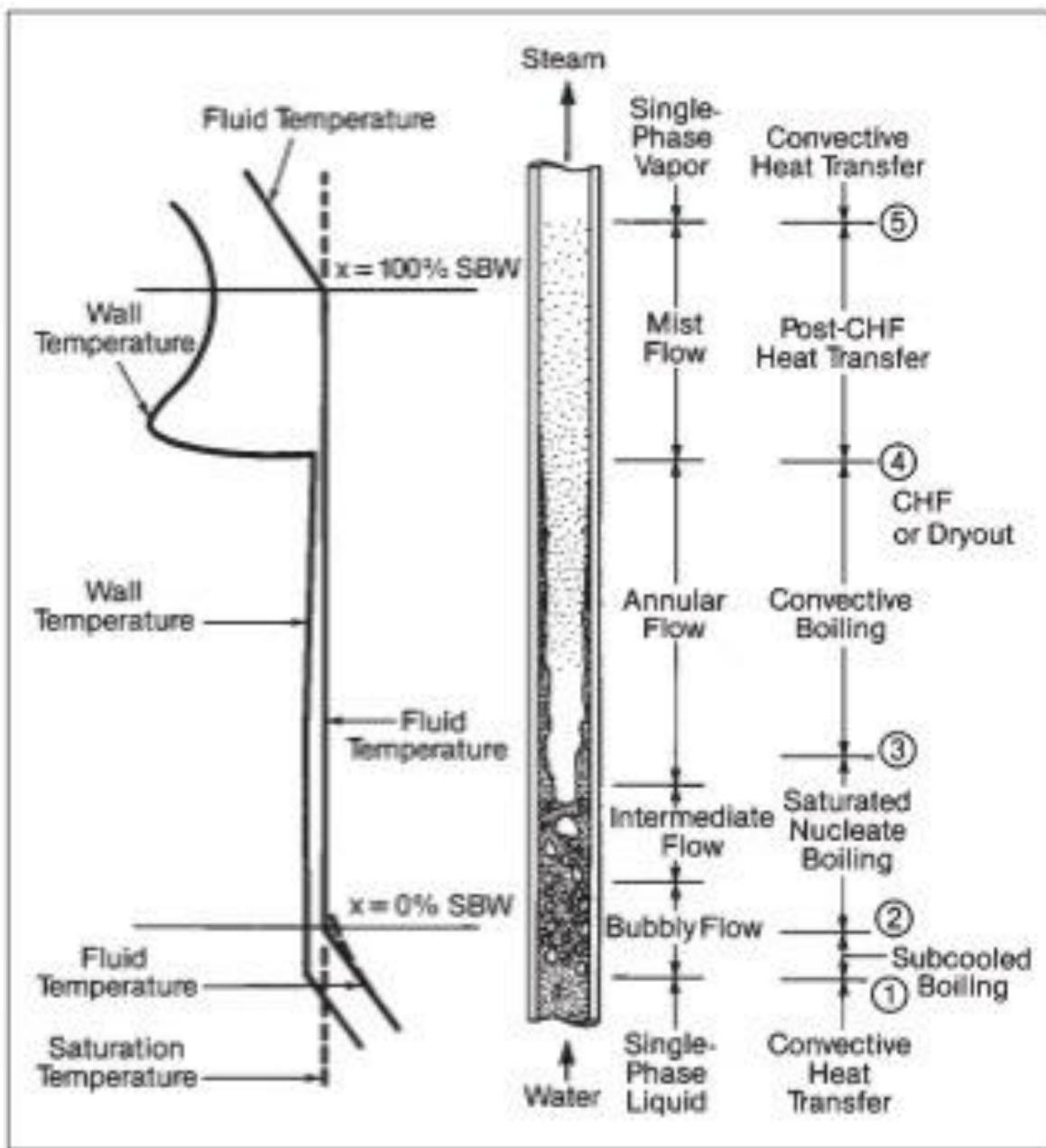


Prinsip kerja boiler sebenarnya cukup sederhana sama seperti pada saat kita sedang mendidihkan air menggunakan panci. Proses pendidihan air tersebut akan selalu diiringi proses

perpindahan panas yang melibatkan bahan bakar, udara, material wadah air, serta air itu sendiri. Proses perpindahan panas ini mencakup tiga jenis perpindahan panas yang sudah sangat kita kenal yakni konduksi, konveksi, dan radiasi.



Pada boiler pipa air di atas misalnya, sumber panas didapatkan dari pembakaran bahan bakar di dalam furnace. Energi panas ini sebagian akan terpancar secara radiasi ke pipa-pipa evaporator sehingga memanaskan pipa-pipa tersebut. Panas yang terserap oleh permukaan pipa akan secara konduksi berpindah ke sisi permukaan dalam pipa. Di dalam pipa, mengalir air yang terus-menerus menyerap panas tersebut. Proses penyebaran panas antar molekul air di dalam aliran ini terjadi secara konveksi. Perpindahan panas konveksi antar molekul air, seakan-akan menciptakan aliran fluida tersendiri terlepas dengan aliran air di dalam pipa-pipa boiler.



Proses Pembentukan Uap di Dalam Pipa Boiler

Gas hasil pembakaran yang mengandung energi panas akan terus mengalir mengikuti bentuk boiler hingga ke sisi keluaran. Di sepanjang perjalanan, panas yang terkandung di dalam gas buang akan diserap oleh permukaan tubing boiler dan diteruskan secara konduksi ke air di dalam pipa. Secara bertahap, air akan berubah fase menjadi uap basah (saturated steam) dan dapat berlanjut hingga menjadi uap kering (superheated steam).



## Komponen-komponen Boiler Pipa Air

Memahami bagian-bagian dari boiler, akan memudahkan kita untuk memahami proses kerja dari boiler. Boiler yang menjadi media untuk “memindahkan” kandungan energi panas dari bahan bakar ke air, memiliki dua lingkup besar komponen penyusun yakni komponen-komponen yang mendukung proses pembakaran, dan komponen-komponen yang berhubungan dengan perubahan fase dari air menjadi uap air. Kedua lingkup komponen tersebut akan kita bahas satu-persatu pada artikel ini.

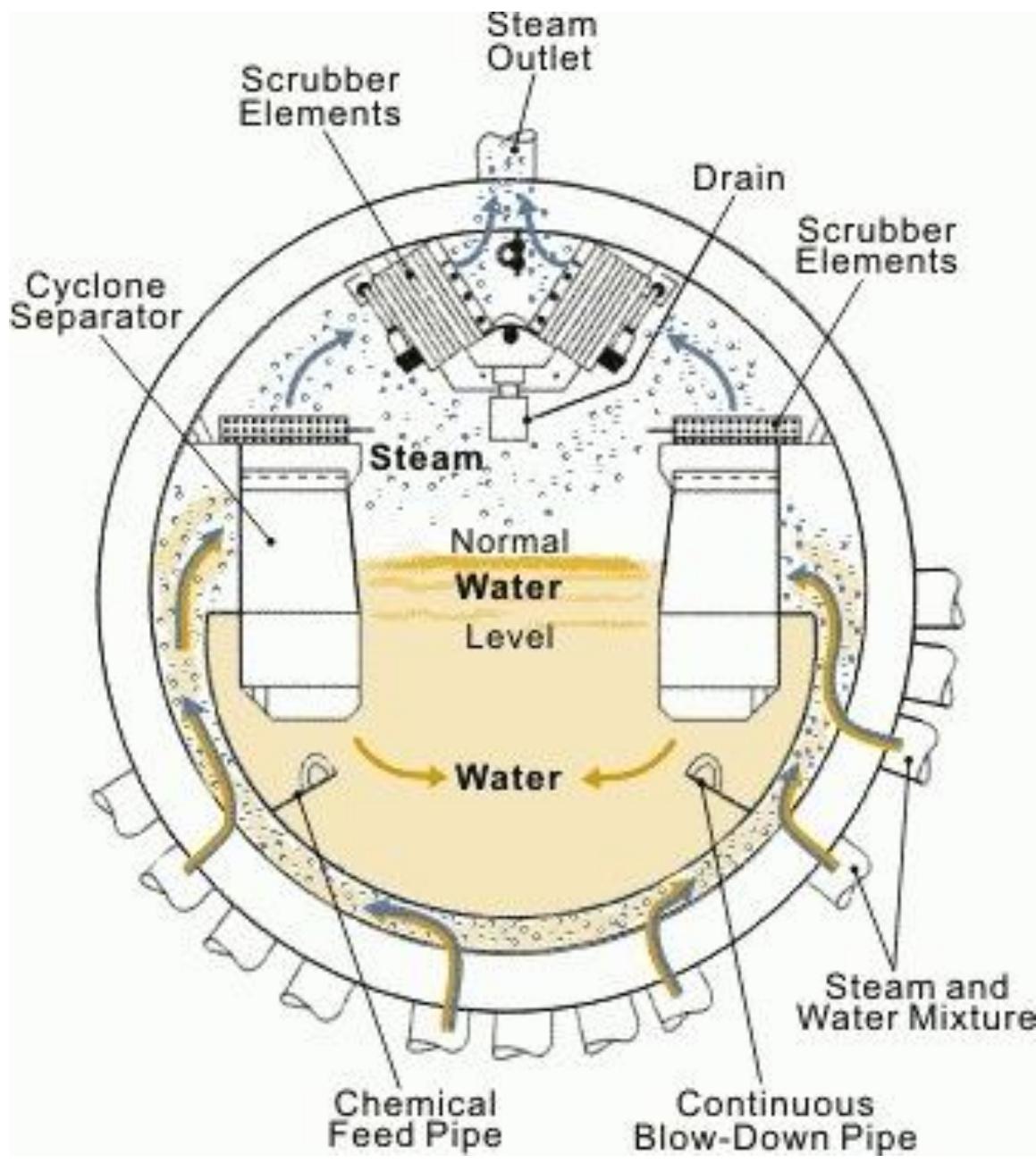
Sebagai pokok pembahasan, saya akan mengambil acuan berupa sebuah boiler pipa air dengan bahan bakar batubara (kapasitas max. 283 ton/jam batubara) dan mampu memproduksi uap air superheater max. 640 kg/s. Boiler jenis ini sangat umum digunakan pada industri pembangkit listrik tenaga uap dengan kemampuan produksi listrik max. 640 MW.

## A. Komponen-komponen Boiler Sisi Water-Steam

Komponen-komponen dari boiler yang akan saya sebutkan berikut menjadi komponen yang berhubungan dengan proses perubahan fase dari air menjadi uap air. Air yang masuk ke boiler berskala besar memiliki temperatur dan tekanan yang tinggi. Temperatur tinggi didapatkan dari proses preheating, dan dibangkitkan tekanannya oleh Boiler Feed Water Pump. Selanjutnya air akan mengalami berbagai proses di boiler sehingga terbentuk uap kering (superheated steam). Dan berikut adalah bagian-bagian dari boiler yang berhubungan dengan proses perubahan fase air tersebut:

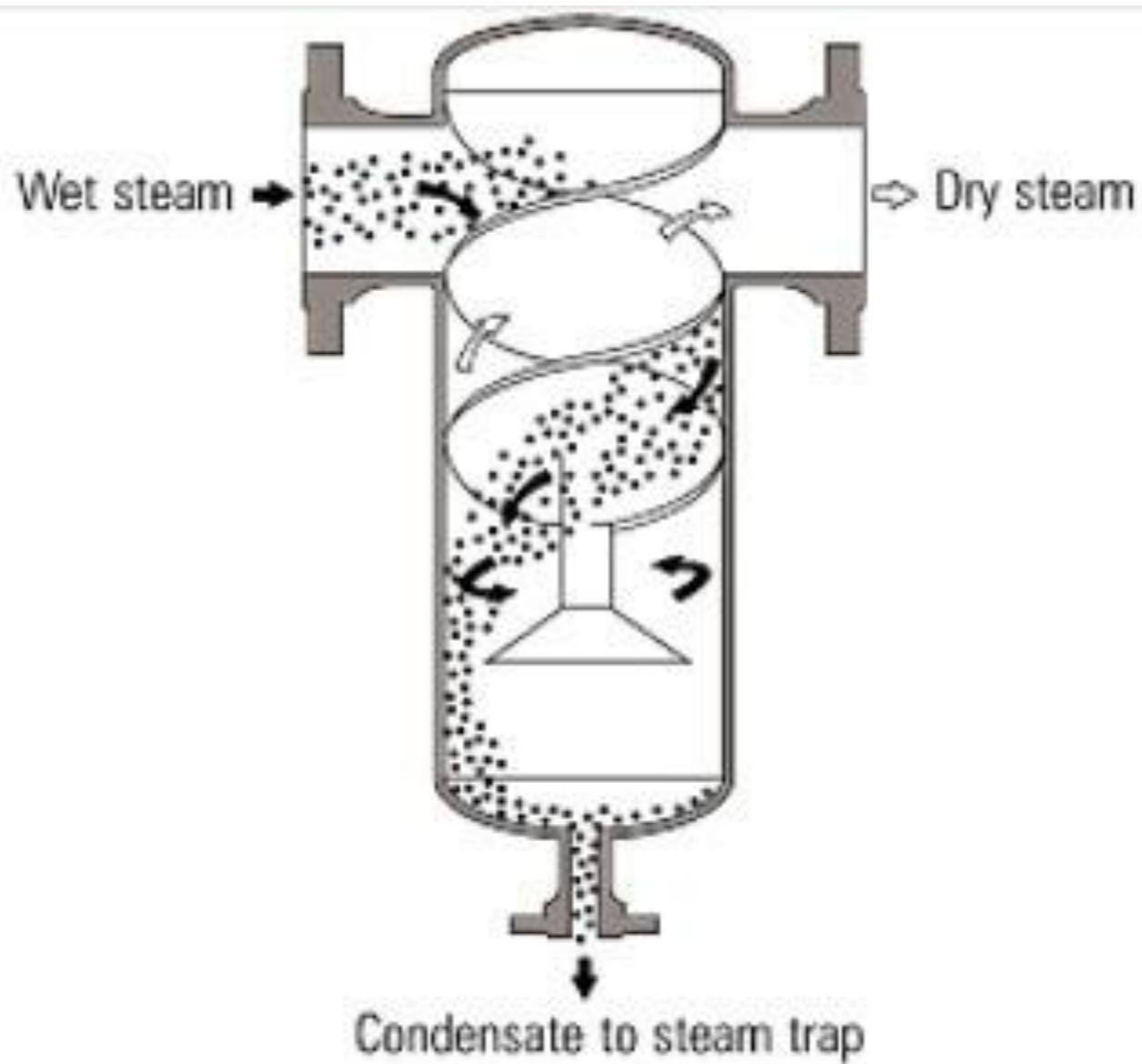
### 1. Steam Drum

Seperti yang telah saya jelaskan pada artikel sebelumnya, Steam Drum pada boiler berfungsi sebagai reservoir campuran air dan uap air, dan juga berfungsi untuk memisahkan uap air dengan air pada proses pembentukan uap superheater.



Prinsip Kerja Steam Drum

Steam drum memiliki beberapa saluran masuk dan dua saluran keluar. Air yang masuk ke dalam steam drum memiliki fase campuran antara uap air dan cair. Di dalam steam drum terdapat cyclone separator, bagian ini berfungsi untuk memisahkan antara uap air saturated dengan air. Uap air akan keluar melalui pipa sebelah atas steam drum dan menuju ke boiler untuk dipanaskan lebih lanjut menjadi uap kering. Sedangkan yang masih berfase cair akan menuju ke raiser tube untuk dipanaskan sehingga berubah fase menjadi uap.



Prinsip Kerja Cyclone Separator

Cyclone separator menjadi bagian paling utama di dalam steam drum. Di dalam cyclone separator terdapat semacam cakram miring yang dapat berputar terhadap porosnya. Campuran uap air dan air bertekanan ter dorong masuk ke dalam sehingga menyebabkan cakram ini berputar. Efek putaran dan benturan antara fluida dengan cakram tersebut secara alami akan memisahkan air dengan uap saturated, sehingga air akan jatuh ke bawah sedangkan uap air akan naik ke atas. Di bagian atas keluaran steam drum, terdapat plat-plat miring yang disebut eliminator / scrubber. Plat ini juga berfungsi untuk memisahkan air dengan uap sehingga hanya uap saja yang dapat melewati scrubber tersebut.

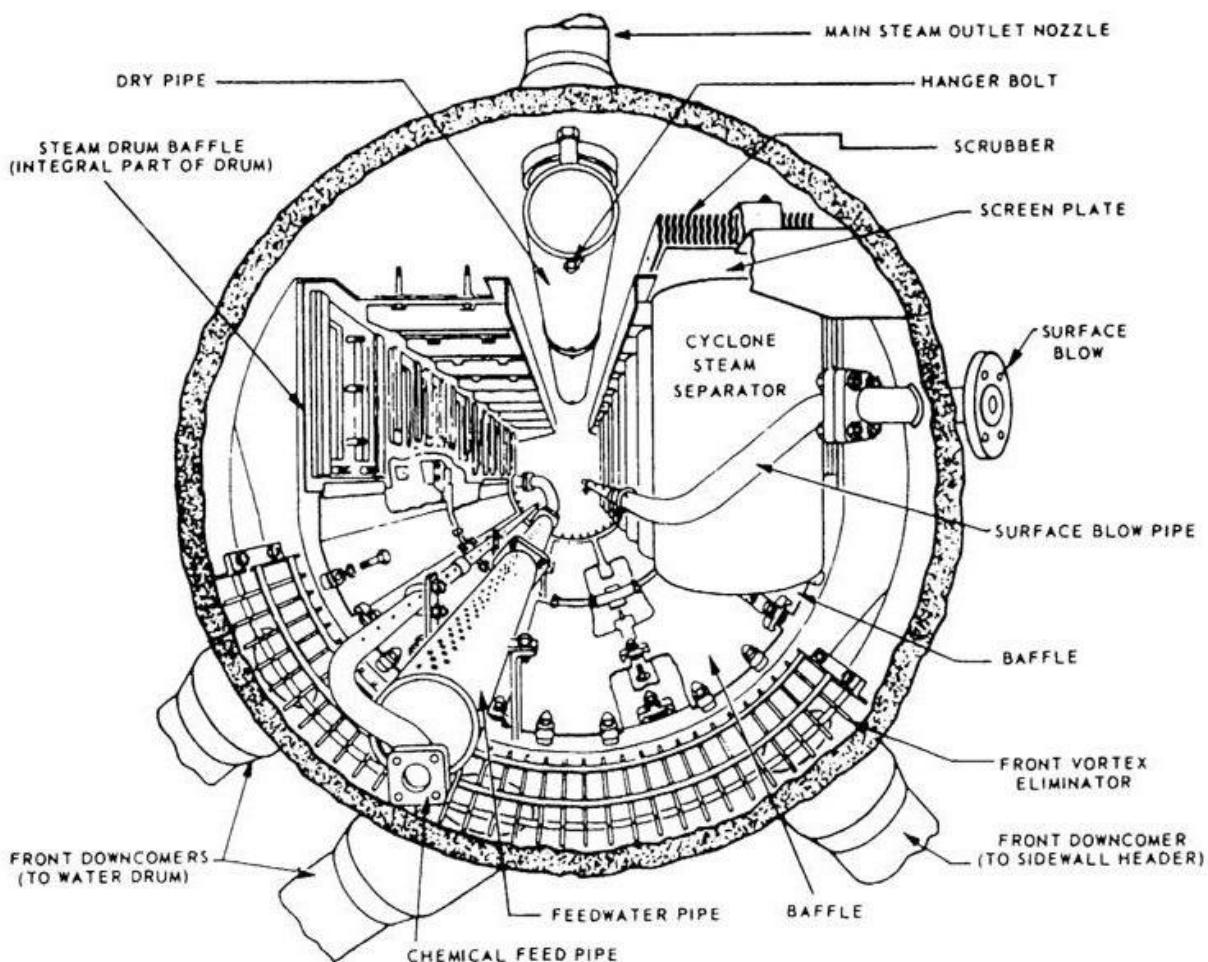
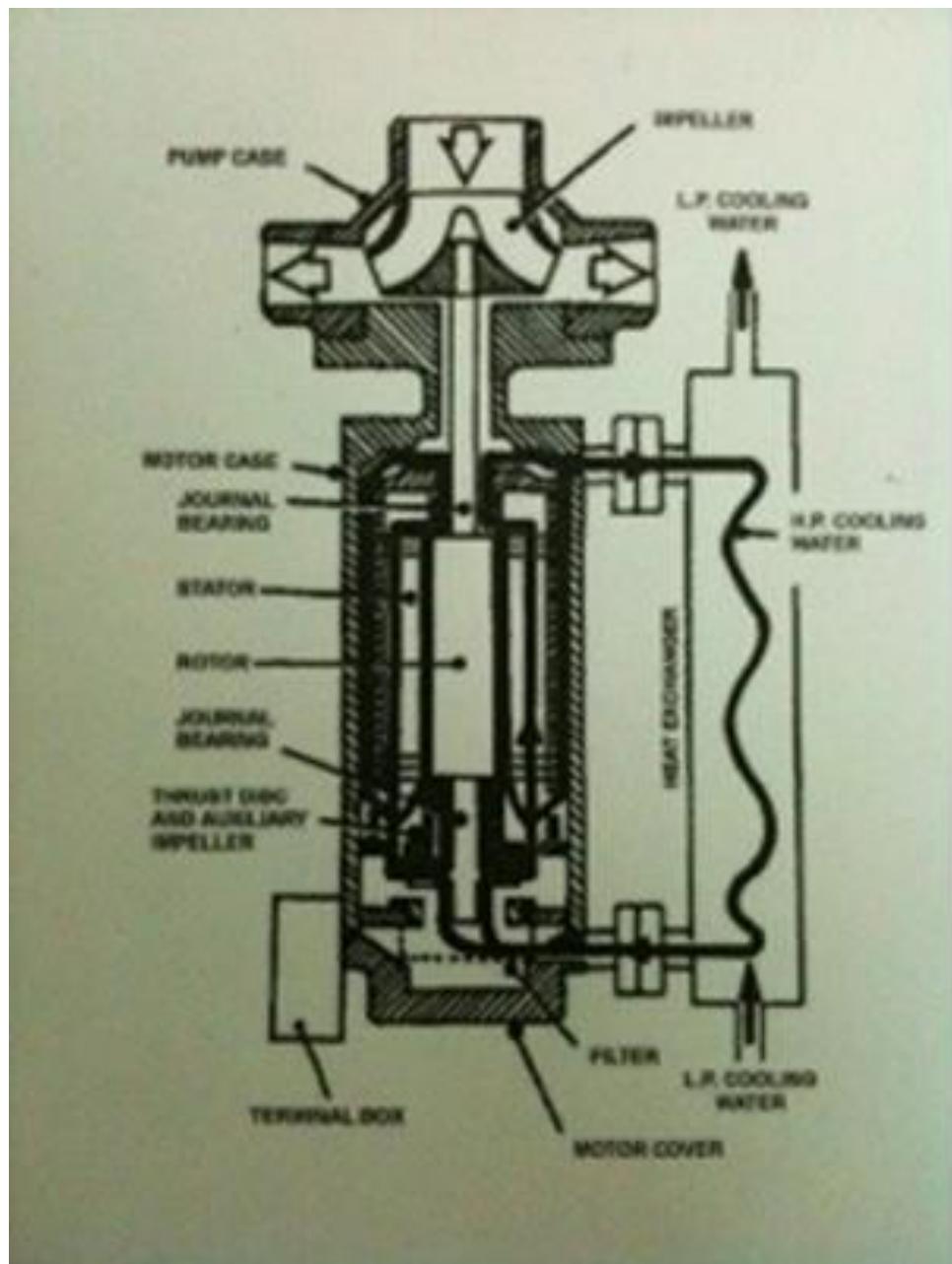


Figure 4-6.—Arrangement of internal fittings in a single-furnace boiler.

#### Bagian-bagian Steam Drum

## 2. Boiler Water Circulating Pump

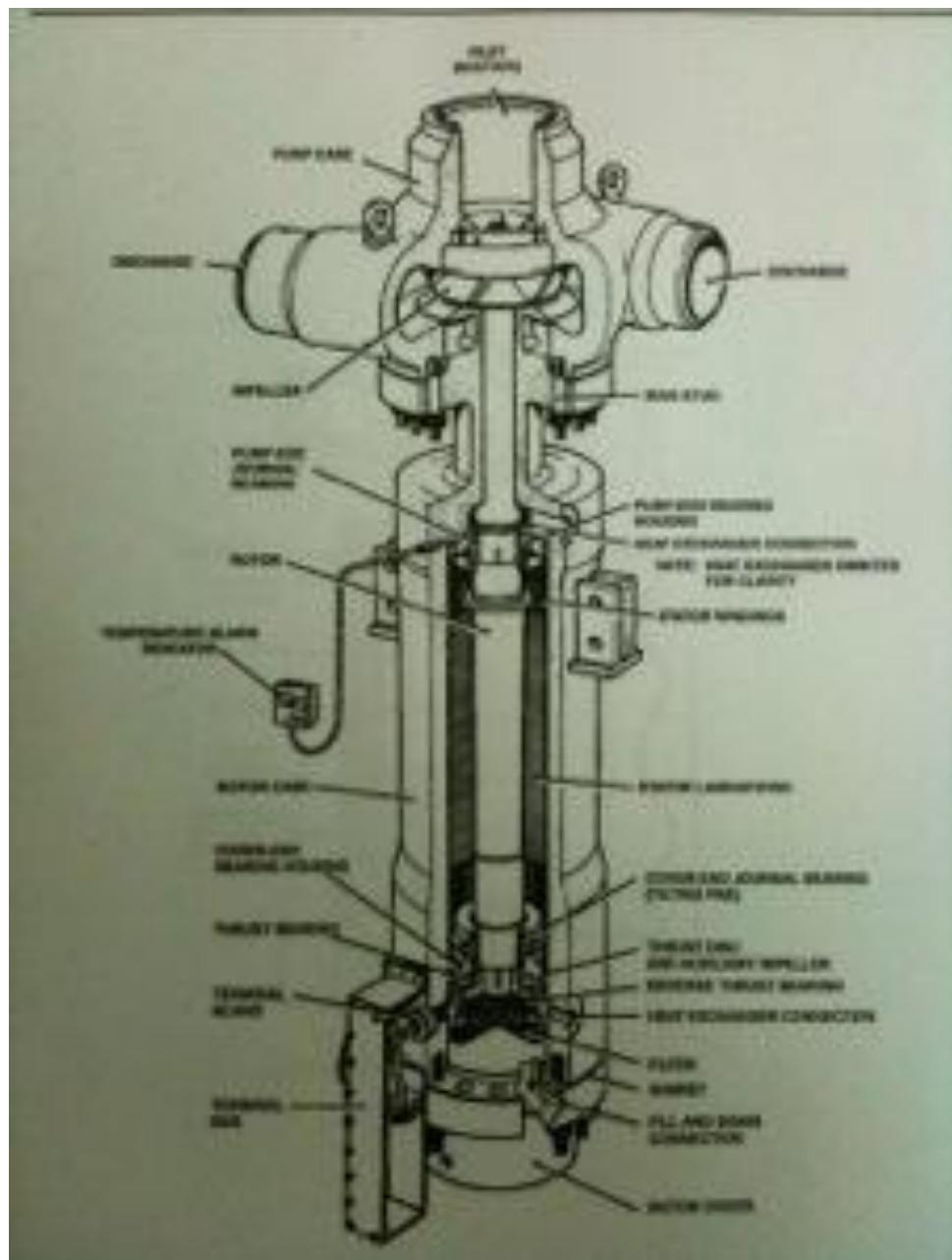
Boiler Water Circulating Pump (BWCP) mensupply air feedwater dari steam drum ke water wall / raiser tube. Pada boiler sub-kritikal sebenarnya air dapat secara natural mengalir sesuai dengan desain boiler, asalkan saluran perpipaan didesain dengan hambatan yang sangat rendah. Keberadaan BWCP akan memastikan air mengisi seluruh bagian pipa boiler, yang hal ini tidak dijamin dapat dilakukan oleh boiler dengan sistem sirkulasi natural. Sirkulasi air pada boiler sangat penting untuk diperhatikan, karena selain sebagai fluida kerja air juga berfungsi sebagai media pendingin pipa-pipa boiler. Sedikit saja bagian dari pipa boiler tidak terisi air akibat turunnya head keluaran BWCP, akan sangat fatal akibatnya.



Prinsip Kerja BWCP

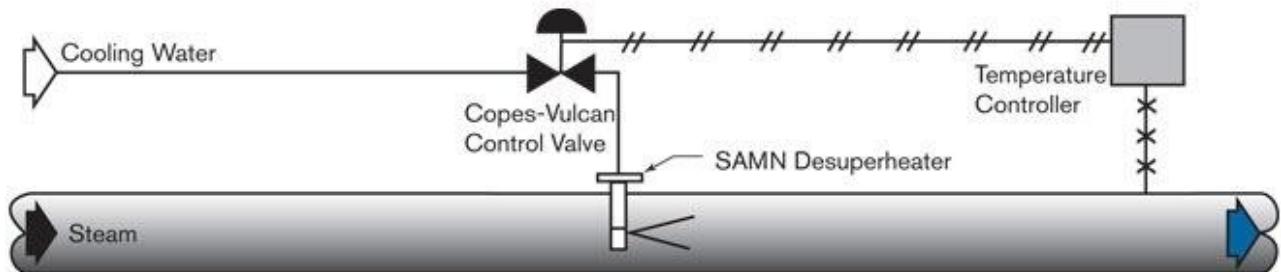
### 3. Desuperheater Spray

Sebagai contoh mari kita perhatikan salah satu desain BWCP pada sebuah boiler PLTU di atas. Pompa tersebut berjenis sentrifugal berposisi vertikal dengan satu inlet dan dua outlet. BWCP ini menggunakan sebuah motor listrik khusus yang seporos dengan pompa. Di antara pompa dengan motor tidak dipergunakan sistem sealing semacam gland packing atau mechanical seal, karena temperatur kerja air yang dipompa sudah terlalu tinggi. Untuk mengatasi hal ini, rotor dari motor pompa didesain dapat terendam air dan digunakan pula heat exchanger untuk mendinginkan air di dalam motor.



Bagian-bagian BWCP

Uap air superheater yang masuk turbin uap pada sebuah PLTU harus memiliki spesifikasi yang sesuai dengan ketentuan. Temperatur uap air harus dijaga pada angka tertentu sehingga sesuai dengan persyaratan untuk menggerakkan turbin uap. Desuperheater spray adalah sebuah bagian pada boiler yang berfungsi untuk mengontrol temperatur uap superheater maupun reheater keluaran boiler dengan jalan menyemprotkan air padanya. Jumlah air yang disemprotkan ke uap air tersebut dikontrol oleh control valve. Komponen inilah yang berfungsi untuk menjaga agar spesifikasi uap air selalu dalam parameter terbaik.



Temperature Controller sends signal to cooling water control valve, which in turn regulates flow of water to mechanical atomizing desuperheater.

### Konsep Sistem Desuperheater Spray

Sistem desuperheater mendapatkan input sinyal berupa temperatur uap air keluaran sistem. Sinyal ini diproses sehingga sistem kontrol dapat mengatur besar bukaan control valve yang mensupply air ke sistem. Air yang digunakan haruslah memiliki tekanan yang lebih besar daripada tekanan uap air. Maka digunakanlah air feedwater yang berasal dari outlet Boiler Feedwater Pump.

#### 4. Pipa Boiler (Tube)

Boiler berskala besar dibentuk oleh pipa-pipa (tubing) berukuran antara 25 mm hingga 100 mm. Pipa-pipa ini memiliki desain material dan bentuk khusus yang harus tahan terhadap perbedaan temperatur ekstrim antara ruang bakar dengan air / uap air yang mengalir di dalamnya. Selain itu material pipa haruslah bersifat konduktor panas yang baik, sehingga perpindahan panas (heat transfer) dari proses pembakaran ke air / uap air bisa efektif.





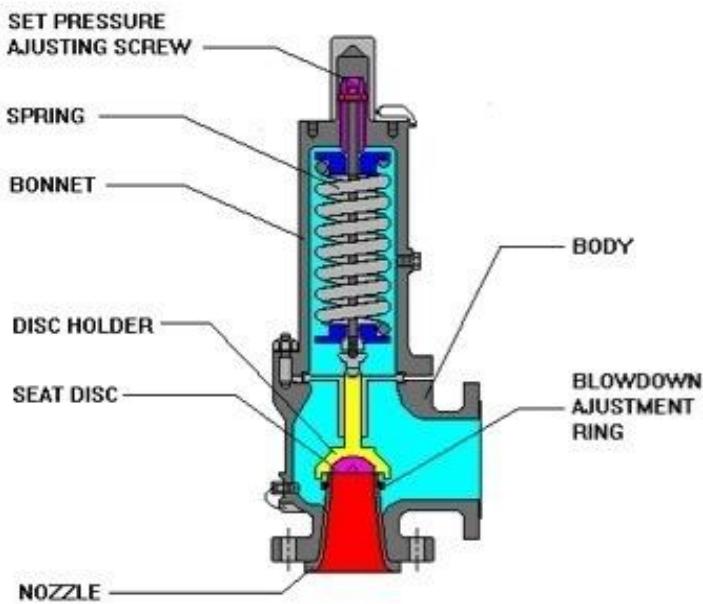
Ada desain khusus pada pipa-pipa boiler besar yang cukup unik. Pipa-pipa tersebut berkontur ulir di dalamnya, sehingga menciptakan aliran turbulen pada saat air atau uap air mengalir di dalam pipa-pipa tersebut. Tujuan diciptakannya aliran turbulen adalah untuk mengurangi efek gesekan antara air atau uap air dengan permukaan pipa, sehingga mengurangi resiko kemungkinan adanya aliran yang mengganggu (turbulensi) pada lekukan pipa. Pada akhirnya hal ini akan meningkatkan efisiensi perpindahan energi panas dari proses pembakaran ke air.

Outside Diameter	Wall Thickness	Weight per metre
25.4	2.9	1.61
31.8	2.9	2.07
31.8	6.3	3.96
38.0	2.9	2.51
38.0	6.3	4.93
44.5	6.3	5.94
50.8	3.6	4.21
50.8	6.3	6.94
57.0	6.3	7.88
63.5	3.2	4.76
101.6	4.9	11.66
101.6	8.0	18.5

Macam-macam Ukuran Pipa Boiler

## 5. Boiler Relief Valve

Boiler relief valve adalah sebuah safety valve yang berfungsi untuk membuang uap boiler pada saat tekanan terlalu berlebihan di atas ketentuan produksi boiler. Hal ini untuk mencegah terjadinya ledakan yang lebih besar yang mungkin diakibatkan oleh tekanan uap superheater yang besar. Boiler relief valve memiliki tekanan kerja tertentu yang sesuai dengan setting yang telah ditentukan sebelum boiler beroperasi. Jika tekanan uap boiler lebih besar daripada tekanan kerja relief valve ini, maka ia akan membuka dan membuang uap air ke atmosfer.



Bagian-bagian Boiler Relief Valve

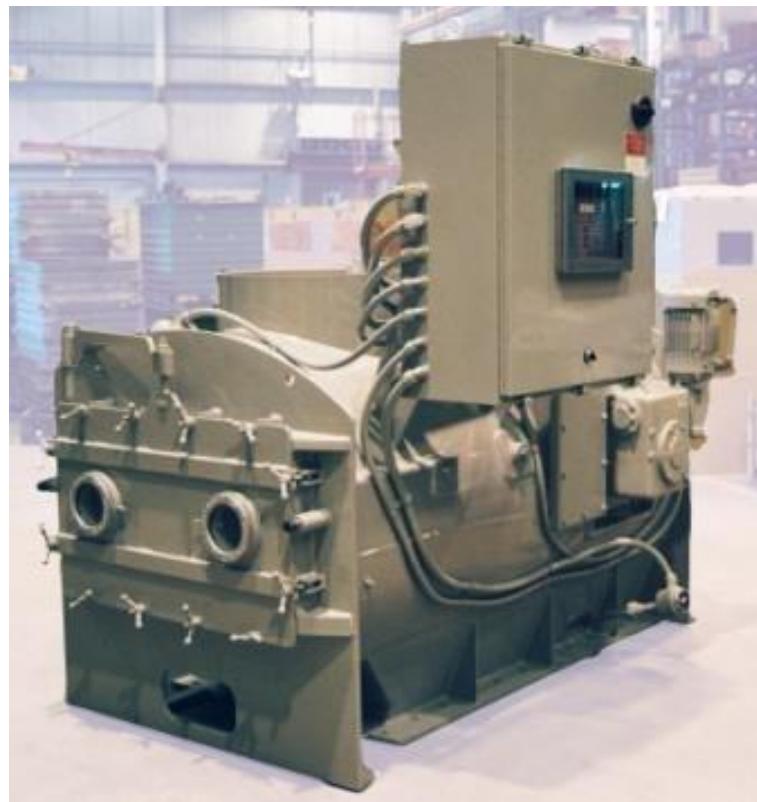
## B. Komponen-komponen Proses Pembakaran Pada Boiler

Proses pembakaran pada boiler melibatkan komponen-komponen yang mengatur supply udara serta bahan bakar ke dalam furnace boiler sehingga terjadi proses pembakaran yang tepat. Jumlah dari udara serta bahan bakar yang masuk ke dalam furnace harus tepat sesuai dengan perbandingan rasio bahan bakar / udara (fuel/air ratio) teoritis sehingga didapatkan proses pembakaran yang sempurna. Jika Anda ingin mengetahui bagaimana sistem kontrol proses pembakaran di dalam boiler, silahkan Anda membaca artikel berikut.

Komponen-komponen boiler yang berhubungan dengan proses pembakaran tersusun atas dua kelompok besar, yaitu sistem supply udara yang biasa disebut draft system serta sistem supply bahan bakar. Sesuai dengan batasan yang telah saya sebutkan pada artikel sebelumnya, boiler yang akan kita bahas adalah boiler skala besar yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap. Berikut adalah komponen-komponen boiler tersebut:

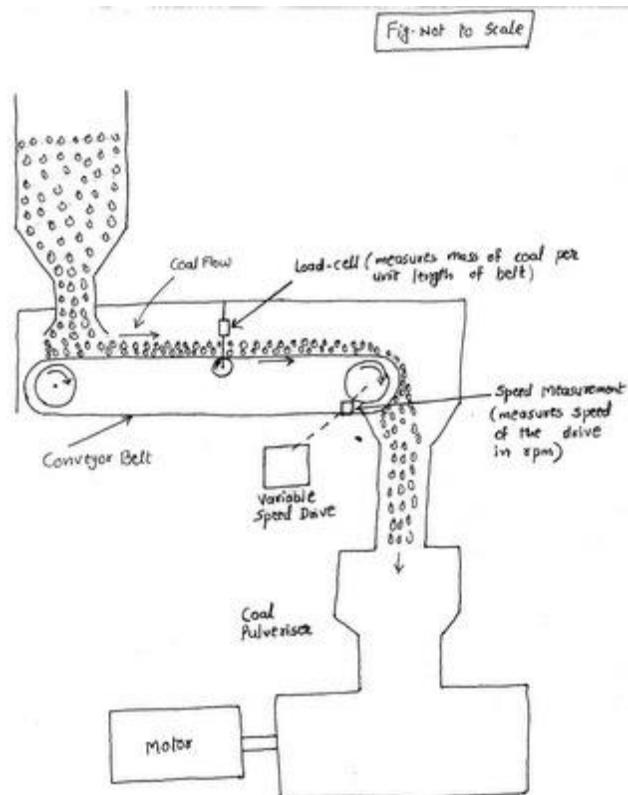
### 1. Coal Feeder

Coal feeder berfungsi untuk mengatur jumlah batubara yang akan masuk ke dalam pulverizer. Jumlah batubara diatur sesuai dengan kebutuhan pembakaran pada furnace. Sistem pengaturan jumlah batubara pada coal feeder dapat dilakukan dengan dua cara berdasarkan jenisnya, yaitu secara fraksi berat atau secara fraksi volume batubara.



Coal Feeder

Pengaturan jumlah batubara berdasarkan fraksi berat, menggunakan sensor gravimetric yang dapat mendeteksi berat dari batubara yang melewati konveyornya. Coal feeder jenis ini biasa disebut dengan Gravimetric Feeder. Sedangkan coal feeder fraksi volume memiliki luas penampang jalur konveyor yang tetap untuk mengatur jumlah batubara yang melewati konveyornya. Kedua sistem di atas sama-sama menggunakan konveyor yang kecepatannya dapat diatur secara fleksibel.

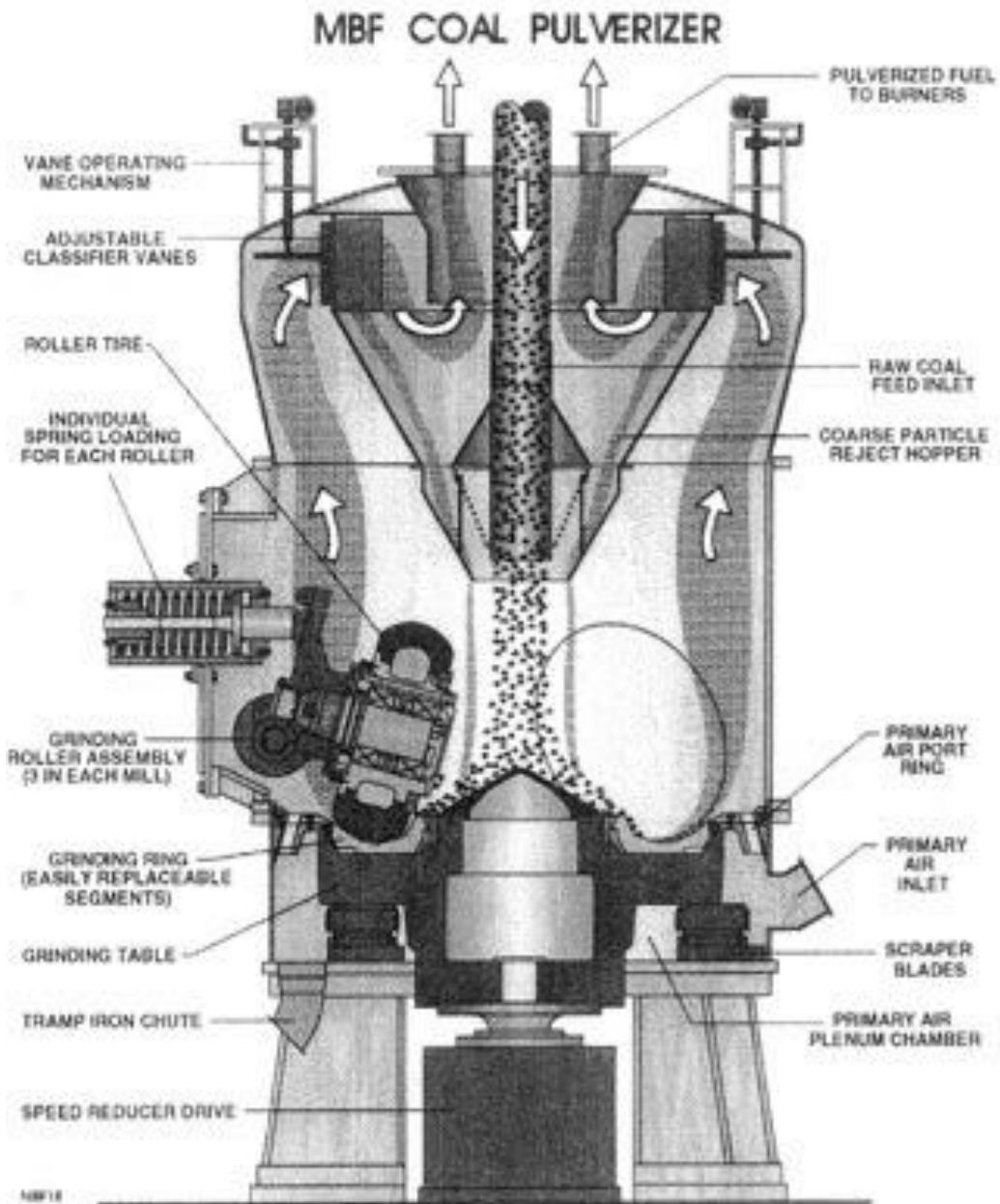


Prinsip Kerja Gravimetric Coal Feeder

Gravimetric feeder lebih banyak dipilih untuk digunakan karena kemampuannya dalam merespon perubahan berat jenis batubara yang digunakan. Kandungan energi pada batubara cenderung bergantung pada berat jenis daripada volume batubara, sehingga gravimetric feeder akan lebih baik dalam mengontrol supply energi yang masuk ke boiler. Disamping itu gravimetric feeder memerlukan kalibrasi sensor gravimetric-nya secara berkala agar sistem kontrol supply batubara dapat selalu berjalan dengan baik.

## 2. Pulverizer

Batubara hasil tambang memiliki ukuran fisik yang sangat beragam, dari yang hanya berukuran butiran pasir hingga seperti bongkahan kerikil berdiameter 20cm. Ukuran batubara yang terlalu besar dapat mengurangi efisiensi proses pembakaran, karena semakin kecil ukuran partikel batubara maka akan semakin cepat pula batubara tersebut terbakar. Untuk mendapatkan ukuran batubara yang cukup kecil maka sebelum masuk ke furnace boiler, batubara akan mengalami proses grinding pada sebuah alat bernama pulverizer. Silahkan Anda bayangkan bahwa batubara keluaran pulverizer akan berukuran selembut tepung, yang dinamakan pulverized fuel.



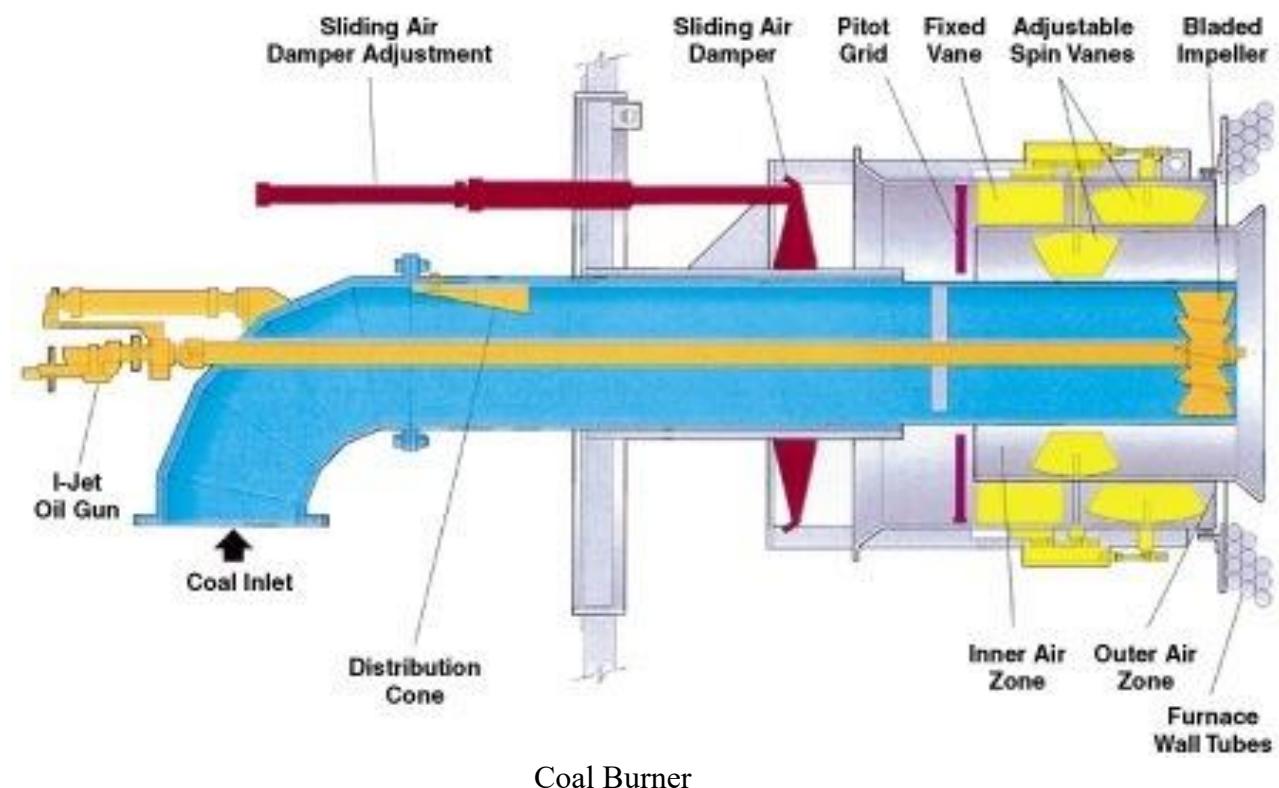
Pulverizer

Batubara yang diatur jumlahnya oleh coal feeder masuk ke pulverizer melalui sisi inlet pada bagian atasnya. Batubara jatuh pada sebuah table yang berputar. Pada bagian lain terdapat beberapa buah grinding yang dapat berputar bebas karena permukaan grinding tersebut bersentuhan dengan table yang berputar tadi. Pada grinding terdapat sistem pegas untuk memudahkan dalam menghancurkan batubara. Udara panas dengan tekanan dan temperatur yang terjaga dimasukkan ke dalam pulverizer sebagai media untuk membawa batubara yang telah halus keluar pulverizer. Pada sisi outlet (bagian atas) terdapat sudu-sudu classifier yang berfungsi untuk memfilter agar hanya batubara yang telah halus saja yang dapat melewati sudu-

sudu tersebut. Batubara yang tidak dapat melewati classifier akan jatuh kembali ke table untuk digrinding agar lebih halus.

### 3. Burner

Burner menjadi alat untuk mencampur batubara dengan udara dan sebagai nozzle untuk mendorong campuran bahan bakar tersebut ke dalam furnace boiler. Pulverized fuel yang keluar dari pulverizer dibawa oleh udara bertekanan menuju ke burner melalui pipa-pipa, di sisi lain ada pula udara tambahan (biasa disebut secondary air) yang disupply untuk memenuhi kebutuhan pembakaran. Secondary air dalam debit tertentu tersebut bertemu dengan pulverized fuel pada burner. Keduanya bercampur dan terdorong menuju ke tengah-tengah furnace untuk dibakar. Pada proses penyalaan boiler diperlukan proses penyalaan awal untuk campuran bahan bakar tersebut, dan umumnya boiler-boiler besar menggunakan bahan bakar bantuan seperti solar (HSD) untuk membantu proses penyalaan awal.



Komponen-komponen dari coal burner umumnya adalah sebagai berikut:

**Oil Gun.** Bagian ini berfungsi untuk mensupply bahan bakar (biasanya HSD) ke dalam boiler sebagai proses penyalaan awal boiler dan juga proses pemantik boiler. Pada oil gun terdapat dua saluran utama yakni saluran fuel oil dan saluran atomizing air. Atomizing air berfungsi untuk membentuk kabut bahan bakar HSD tadi sehingga lebih mudah terbakar. Pada oil gun juga terdapat ignitor yang berfungsi sebagai pemantik untuk menyalakan bahan bakar tadi. Damper udara termasuk di dalam bagian burner. Damper ini mengatur supply udara pembakaran yang masuk ke boiler.

**Coal Nozzle.** Bagian ini sebagai ujung masuknya pulverized fuel ke dalam furnace boiler.

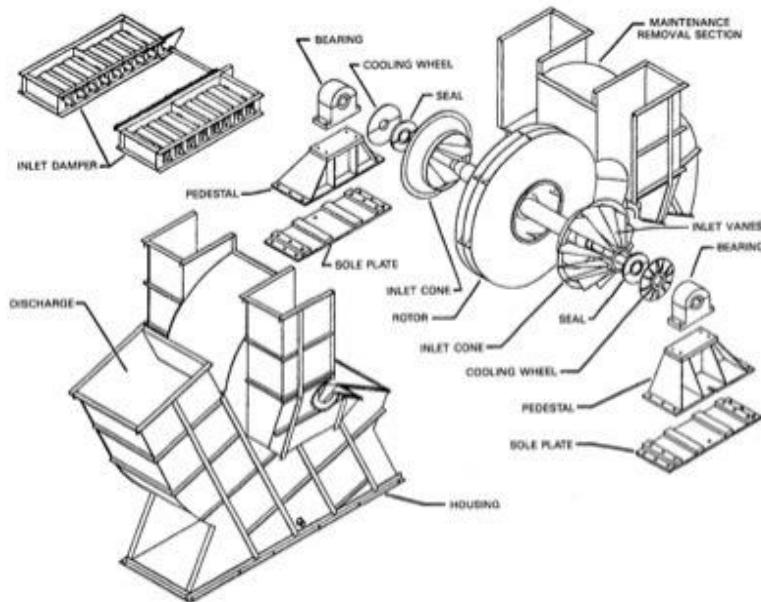
**Flame Scanner.** Adalah alat sensor api yang berfungsi untuk membaca apakah terjadi proses pembakaran pada burner.

Pada proses penyalaan awal, boiler akan menggunakan bahan bakar HSD. Dengan bantuan ignitor sebagai pemantik apinya, HSD akan terbakar di dalam furnace dengan jarak aman tertentu. Jika proses pembakaran dengan menggunakan HSD dirasa telah stabil (biasanya ditandai dengan jumlah tertentu uap air yang dihasilkan boiler) maka pulverized fuel dapat dimasukkan ke dalam proses pembakaran dengan tanpa menghentikan supply HSD. Supply HSD akan dihentikan jika flame scanner telah membaca pulverized fuel terbakar di ujung burner. Jarak api yang terbentuk pada ujung burner harus dijaga pada jarak aman tertentu, hal ini berhubungan dengan keselamatan kerja agar api tidak menjalar ke pipa-pipa supply pulverized fuel.

#### 4. Fan System

Untuk men-supply udara yang digunakan pada proses pembakaran, boiler membutuhkan kerja beberapa jenis kipas dengan fungsi masing-masing. Dan berikut adalah sistem-sistem yang berhubungan dengan supply udara untuk proses pembakaran pada boiler:

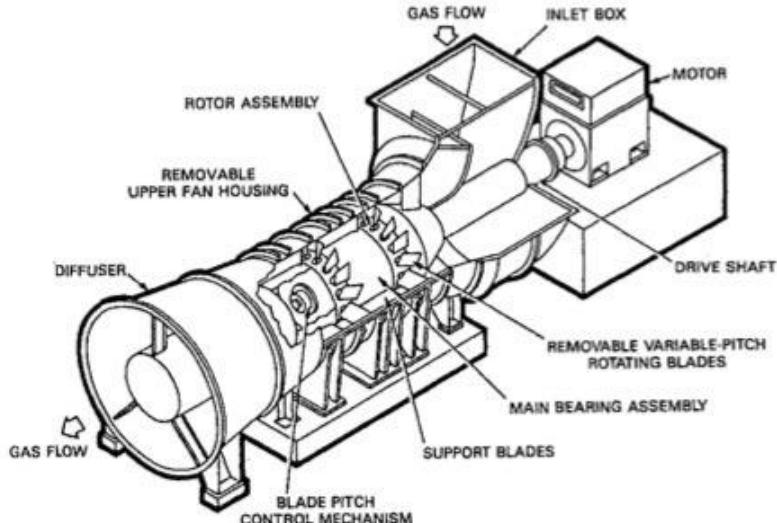
**Primary Air Fan.** Kipas ini berfungsi untuk men-supply udara bertekanan yang akan digunakan untuk membawa pulverized fuel dari pulverizer menuju ke boiler. Parameter terkontrol pada primary air adalah besar tekanan kerjanya, sehingga kipas yang digunakan adalah yang bertipe kipas sentrifugal. Kipas sentrifugal dikenal dapat menghasilkan tekanan udara keluaran yang lebih tinggi daripada kipas aksial namun dengan debit aliran yang cukup tinggi pula.



Centrifugal Primary Air Fan

Pada sisi inlet primary air fan terdapat sudu-sudu (inlet vane) yang dapat bergerak ke arah menutup ataupun membuka 100%. Sudu-sudu ini berfungsi untuk mengatur debit udara yang masuk ke kipas dan di-supply ke pulverizer.

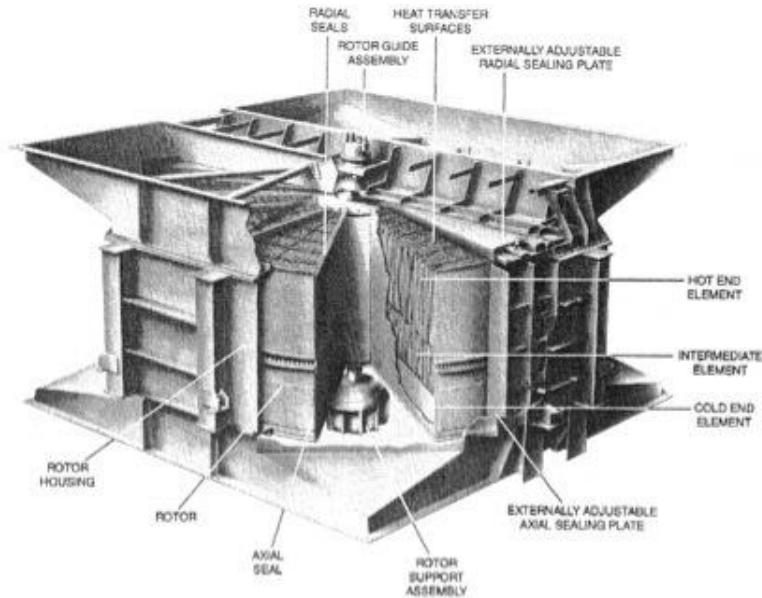
**Secondary Air Fan.** Kipas inilah yang menjadi penyupply utama udara ke dalam furnace boiler untuk memenuhi kebutuhan proses pembakaran. Berbeda dengan primary air yang menitik beratkan kepada tekanan kerjanya, secondary air lebih diutamakan kontrol terhadap debit volume-nya. Oleh karena itulah secondary air umumnya menggunakan kipas dengan tipe aksial yang dapat menghasilkan volume debit aliran yang tinggi.



Axial Secondary Air Fan

Untuk mengatur jumlah udara yang di-supply ke boiler, sudu-sudu pada secondary air fan dapat bergerak-gerak fleksibel membuka dan menutup. Semakin besar bukaan sudu maka akan semakin banyak pula udara yang dialirkan oleh kipas ini ke boiler untuk mencukupi kebutuhan proses pembakaran.

Air Pre-Heater. Komponen ini berfungsi untuk memanaskan awal primary dan secondary air dengan menggunakan panas yang dihasilkan oleh gas buang boiler. Air Pre-Heater tersusun atas plat-plat yang berfungsi untuk menyerap panas dari gas buang boiler. Plat-plat tersebut tersusun melingkar dan dapat berputar sehingga aliran udara ataupun gas buang adalah sejajar dengan poros putaran air pre-heater ini. Putaran yang teratur namun tidak terlalu cepat akan memindahkan panas dari gas buang boiler ke plat-plat air pre-heater dan berlanjut pindah ke udara-udara primary dan secondary.

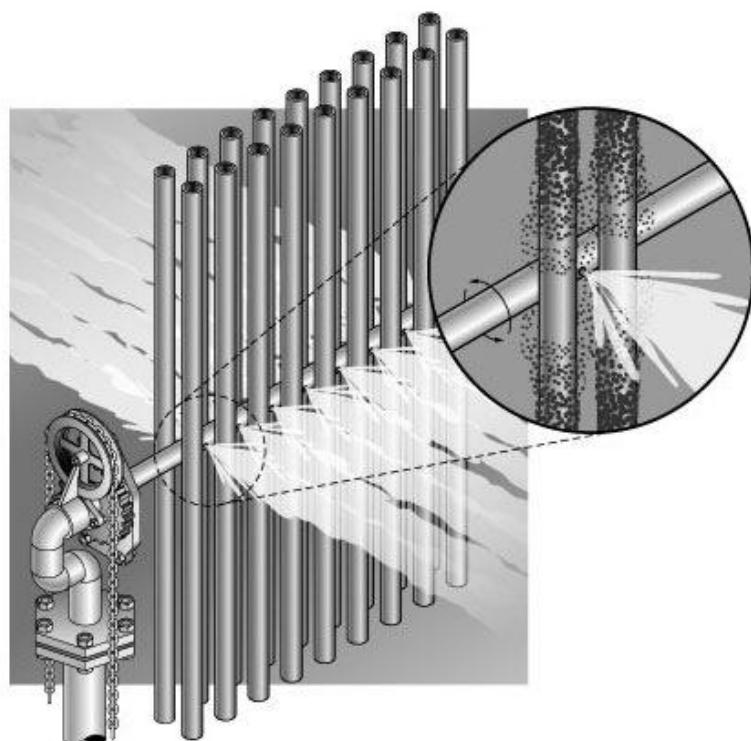


### Desain Air Pre-Heater

Temperatur panas pada primary air berfungsi untuk mengeringkan pulverized fuel yang dihasilkan oleh pulverizer. Karena jika pulverized fuel dalam keadaan basah (akibat hujan mungkin) akan memperlambat proses pembakaran di dalam furnace. Selain itu, kondisi basah dari pulverized fuel yang selebut tepung dapat menempel dan menyebabkan penimbunan pada pipa-pipa saluran menuju furnace. Hal ini sangat berbahaya karena jika terus dibiarkan dapat menyumbat pipa-pipa tersebut.

## 5. Soot Blower

Salah satu produk sampingan dari proses pembakaran barubara pada boiler adalah kerak. Kerak ini didapati banyak menempel pada pipa-pipa boiler, sehingga akan sangat mengganggu proses perpindahan panas jika hal ini terus dibiarkan. Maka dipergunakanlah satu alat bernama soot blower. Alat ini berfungsi untuk menyemprotkan uap panas ke dinding-dinding pipa boiler sehingga kotoran-kotoran yang menempel padanya dapat lepas. Soot blower menggunakan uap air kering yang dihasilkan oleh boiler.



©National Technology Transfer, Inc. All Rights reserved.

Prinsip Kerja Boiler Soot Blower

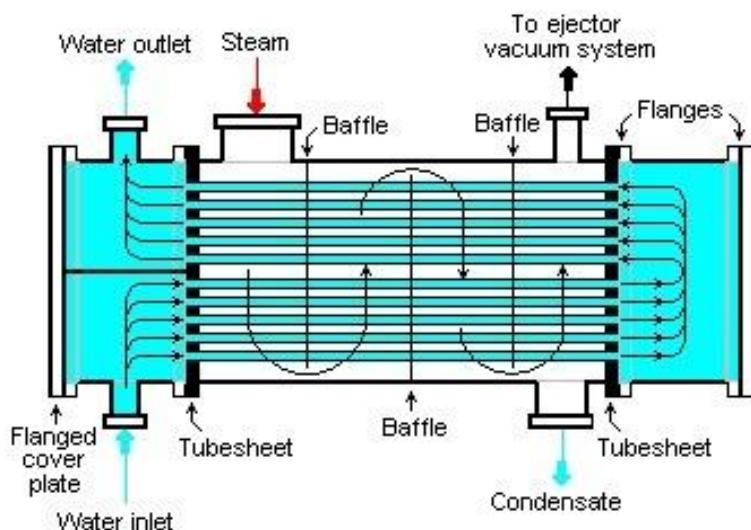
## Kondensor

Perpindahan panas merupakan suatu fenomena yang sangat lazim terjadi. Setiap detiknya kita mengalaminya. Dan fenomena ini digunakan teknologinya untuk berbagai keperluan kita. Perpindahan panas adalah salah satu bidang ilmu di bawah termodinamika yang membahas mengenai perpindahan energi panas dari suatu sistem ke sistem yang lain.

Salah satu alat yang memanfaatkan fenomena ini adalah heat exchanger. Dua media yang memiliki kandungan energi panas berbeda bertemu di sini dan panas yang terkandung di media yang memiliki energi panas lebih besar, berpindah ke media yang memiliki kandungan panas lebih kecil. Alat ini digunakan pada refrigerator / mesin pendingin, air conditioning, pembangkit listrik, pabrik petrokimia, pabrik petroleum, dan lain sebagainya.

Salah satu penggunaan prinsip heat exchanger yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap adalah kondensor. Dengan menggunakan tipe shell and tube, kondenser pada PLTU berfungsi untuk mengkondensasi uap air yang berasal dari turbin uap sehingga berubah fase menjadi cair kembali. Kondensor menjadi salah satu komponen yang paling penting pada water-steam cycle karena pada alat ini terjadi perpindahan panas (panas laten) yang masih terkandung di dalam uap air menuju media pendingin seperti air laut atau air dari cooling tower.

Pada siklus rankine terjadi proses perpindahan panas pada 2 komponen, yaitu boiler dan kondensor. Energi panas pada furnace ditransfer ke air sehingga ia berubah fase menjadi uap air. Pada proses tersebut ada satu fase dimana tidak terjadi perubahan temperatur pada air, namun terjadi perubahan fase dari cair menjadi gas, hal ini dinamakan panas laten. Sedangkan pada kondenser juga mengalami hal yang serupa namun berkebalikan, energi panas yang diserap oleh air sehingga ia berubah fase menjadi uap air tadi sekarang diserap oleh media pendingin sehingga uap air berubah fase kembali menjadi cair. Air inilah yang nantinya akan dipompa kembali untuk mengalami siklus rankine yang berulang.



Prinsip Kondensor pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap

### Evaporator

Evaporator adalah sebuah alat yang berfungsi mengubah sebagian atau keseluruhan sebuah pelarut dari sebuah larutan dari bentuk cair menjadi uap. Evaporator mempunyai dua prinsip dasar, untuk menukar panas dan untuk memisahkan uap yang terbentuk dari cairan. Evaporator umumnya terdiri dari tiga bagian, yaitu penukar panas, bagian evaporasi (tempat di mana cairan mendidih lalu menguap), dan pemisah untuk memisahkan uap dari cairan lalu

dimasukkan ke dalam kondenser (untuk diembunkan/kondensasi) atau ke peralatan lainnya. Hasil dari evaporator (produk yang diinginkan) biasanya dapat berupa padatan atau larutan berkonsentrasi.

Larutan yang sudah dievaporasi bisa saja terdiri dari beberapa komponen volatil (mudah menguap). Evaporator biasanya digunakan dalam industri kimia dan industri makanan. Pada industri kimia, contohnya garam diperoleh dari air asin jenuh (merupakan contoh dari proses pemurnian) dalam evaporator. Evaporator mengubah air menjadi uap, menyisakan residu mineral di dalam evaporator. Uap dikondensasikan menjadi air yang sudah dihilangkan garamnya. Pada sistem pendinginan, efek pendinginan diperoleh dari penyerapan panas oleh cairan pendingin yang menguap dengan cepat (penguapan membutuhkan energi panas). Evaporator juga digunakan untuk memproduksi air minum, memisahkannya dari air laut atau zat kontaminasi lain.

**Evaporator dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu:**

1. Submerged combustion evaporator adalah evaporator yang dipanaskan oleh api yang menyala di bawah permukaan cairan, dimana gas yang panas bergelembung melewati cairan.
2. Direct fired evaporator adalah evaporator dengan pengapian langsung dimana api dan pembakaran gas dipisahkan dari cairan mendidih lewat dinding besi atau permukaan untuk memanaskan.
3. Steam heated evaporator adalah evaporator dengan pemanasan stem dimana uap atau uap lain yang dapat dikondensasi adalah sumber panas dimana uap terkondensasi di satu sisi dari permukaan pemanas dan panas ditransmisi lewat dinding ke cairan yang mendidih.



Salah satu jenis Evaporator (Rotary Evaporator)