

LAPORAN AKHIR
PEMELIHARAAN BOILER DI HOTEL NOVOTEL MANADO



Oleh :

FANDRI Y. LONTOUNAUNG

12 021 002

KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN

PENDIDIKAN TINGGI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI MANADO

2016

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Boiler atau ketel uap adalah suatu bejana atau 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. Untuk itu di perlukan adanya perawatan dan perbaikan yang terjadwal untuk menjaga konfigurasi energi yang 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*. Bertanggung jawab langsung untuk cara atau jalanya sikap anda di tempat kerja anda selama waktu bekerja dan selama beristirahat, beri peringatan dari pimpinan yang diikuti untuk sikap keamanan pribadi

Pemeliharaan merupakan suatu fungsi dalam suatu perusahaan atau pabrik sama pentingnya dengan fungsi lain seperti produksi. Hal ini terjadi apabila seseorang mempunyai peralatan atau fasilitas, maka biasanya dia akan selalu berusaha untuk tetap menggunakan peralatan tersebut. Dalam usaha untuk dapat terus menggunakan fasilitas tersebut agar kualitas produksi terjamin, maka dibutuhkan kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang meliputi kegiatan pemeriksaan, pelumasan perbaikan atau mereparasi kerusakan-kerusakan yang ada serta penyesuaian atau penggantian spare part atau komponen yang terdapat pada fasilitas tersebut.

Kegiatan ini merupakan tugas bagian pemeliharaan yang dapat menentukan proses berlangsungnya produksi.

Maintenance dapat diartikan sebagai kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas maupun peralatan dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian maupun penggantian yang diperlukan agar diperoleh suatu operasi produksi yang memuaskan.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah tegangan masih merupakan masalah utama atau yang paling banyak dialami kendala dan sangat perlu diadakannya perhatian khusus, baik masalah Tegangan Kurang maupun Tegangan berlebih, Masalah-masalah yang akan dibahas oleh penulis kali ini adalah:

1. Bagaimana tata cara pelaksanaan pemeliharaan (Maintenance) pada unit Boiler.
2. Jenis-jenis gangguan dan cara penyelesaian gangguan pada unit boiler?

1.3 Batasan Masalah

Laporan akhir ini membahas tentang Perawatan Boiler. Dalam pembahasan dan penulisan laporan akhir ini, penulis membatasi permasalahan pada :

1. Tata cara pelaksanaan pemeliharaan (Maintenance) pada unit Boiler.
2. Pelaksanaan penyelesaian masalah/gangguan pada unit boiler.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan laporan akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui Tata cara pelaksanaan pemeliharaan (Maintenance) pada unit Boiler
2. Mengetahui cara penyelesaian masalah pada unit boiler

1.5 Manfaat

Laporan tugas akhir diharapkan bermanfaat untuk:

1. Agar Mahasiswa Mengetahui Jenis-jenis dan macam-macam Gangguan pada Boiler
2. Agar Mahasiswa dapat mengetahui cara atau proses Maintenance pada Boiler

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini bertujuan untuk memberikan gambaran secara garis besar isi setiap bab pada laporan tugas akhir ini.

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan dari laporan akhir.

BAB 2. LANDASAN TEORI

Bab ini berisi uraian teori-teori yang mendukung untuk pengerjaan tugas akhir ini.

BAB 3. PEMBAHASAN

Bab ini berisi permasalahan dan perbaikan pada Boiler juga data-data penunjang lainnya yang berkaitan dengan judul.

BAB 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari seluruh pembahasa

BAB II

TEORI DASAR

2.1 Pengertian Boiler

2. 1.1. Definisi Umum Boiler.

Boiler merupakan bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam berupa energi kerja. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air panas atau steam pada tekanan dan suhu tertentu mempunyai nilai energi yang kemudian digunakan untuk mengalirkan panas dalam bentuk energi kalor ke suatu proses. Jika air di didihkan sampai menjadi steam, maka volumenya akan meningkat sekitar 1600 kali, menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak, sehingga boiler merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik pada komponen-komponennya.

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 boiler mengenal keadaan tekanan-temperatur rendah (low pressure/LP), dan tekanan-temperatur tinggi (high pressure/HP), dengan perbedaan itu pemanfaatan steam yang keluar dari sistem boiler 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 system boiler 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 boiler.

Ketel uap dalam bahasa Inggris disebut dengan nama boiler berasal dari kata boil yang berarti mendidihkan atau menguapkan, sehingga boiler dapat diartikan sebagai alat pembentukan uap yang mampu mengkonversi energi kimia dari bahan bakar padat (padat cair dan gas) yang menjadi energi panas.

Uap yang dihasilkan dari ketel uap merupakan gas yang timbul akibat perubahan fase cairan menjadi uap atau gas melalui cara pendidihan yang memerlukan sejumlah energi dalam pembentukannya. Zat cair yang dipanaskan akan mengakibatkan pergerakan molekul-molekul menjadi cepat, sehingga melepas diri dari lingkungannya dan berubah menjadi uap. Air yang berdekatan dengan bidang pemanas akan memiliki temperatur yang lebih tinggi (berat jenis yang lebih rendah) dibandingkan dengan air yang bertemperatur rendah, sehingga air yang bertemperatur tinggi akan naik kepermukaan dan air yang bertemperatur rendah akan turun. Peristiwa ini akan terjadi secara terus menerus (sirkulasi) hingga berbentuk uap. Uap yang dihasilkan oleh ketel uap dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan antara lain : Utilitas suatu daya pembangkit tenaga listrik dan industri.

2.2. Sejarah Boiler

A. Mesin Uap Hero(1910 – 1975)

paling awal dari sejarah teknologi mesin uap dapat kita lihat ke kota Alexandria pada tahun 75. Disana terdapat seorang ahli matematika bernama Hero, yang juga dikenal dengan nama “Heros atau “Heron” yang menulis tiga buku tentang mekanik dan sifat-sifat udara serta memperkenalkan rancangan dari mesin uap sederhana. Mesin ini dikenal dengan nama Aeolipile atau Aeolypile, atau juga disebut dengan Eolipile.



GAMBAR. Mesin uap Aeolipile

Prinsip kerja mesin ini adalah dengan menggunakan tekanan uap untuk memutar bola (bejana) yang berisi air sebagai bahan baku penghasil uap. Bola (bejana) tersebut dapat berputar karena adanya dorongan dari uap yang keluar dari nosel yang terletak pada sisi samping bejana. Metode Hero yang mengubah tenaga uap menjadi gerak ini merupakan dasar bagi para penerusnya untuk mengembangkan teknologi mesin uap di masa yang akan datang.

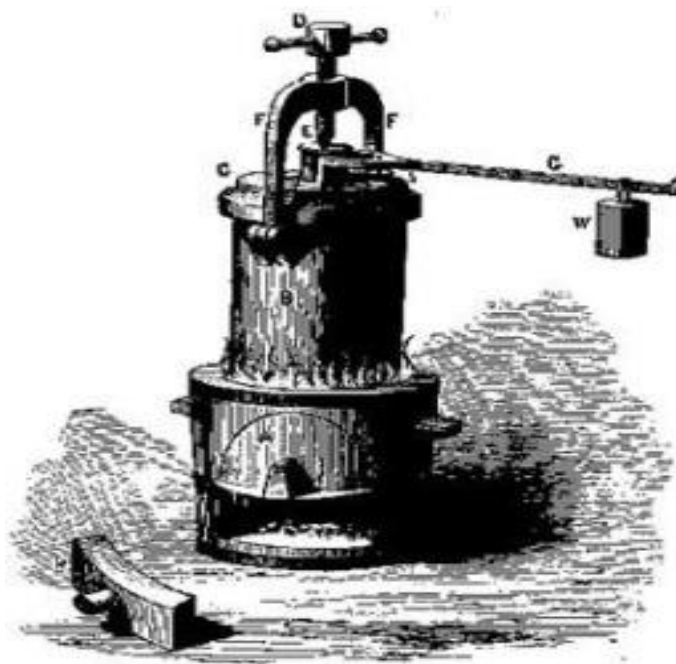
B. Mesin Uap Giovanni Battista della Porta (1538 – 1615)

Giovanni Battista della Porta atau Gambattista della Porta atau juga dikenal dengan nama John Baptist Porta adalah seorang sarjana, Polymath, dan dramawan yang berasal dari Napoli, Italia. Dia adalah ilmuwan yang pertama kali menemukan peranan uap dalam menciptakan ruang hampa.

Teori yang dikemukakannya adalah bahwa jika air dikonversikan menjadi uap dalam wadah tertutup dapat menghasilkan peningkatan tekanan. Demikian pula sebaliknya, jika uap dikondensasikan menjadi air dalam ruangan tertutup maka akan menghasilkan penurunan tekanan. Teori inilah yang nantinya akan menjadi konsep utama rancangan pada pengembangan mesin uap yang dilakukan oleh para penerusnya.

C. Mesin Uap Denis Papin (1647 – 1712)

Pada tahun 1679 seorang fisikawan, ahli matematika, dan penemu berkebangsaan Prancis menemukan suatu alat yang dinamakan steam digester yang menjadi cikal bakal ditemukannya mesin uap dan presser cooker (panci masak bertekanan). Penemuan tersebut ia kerjakan bersama-sama dengan rekannya yang bernama Robert Boyle, seorang filsuf, fisikawan, kimiawan, penemu, dan ilmuwan berkebangsaan Irlandia

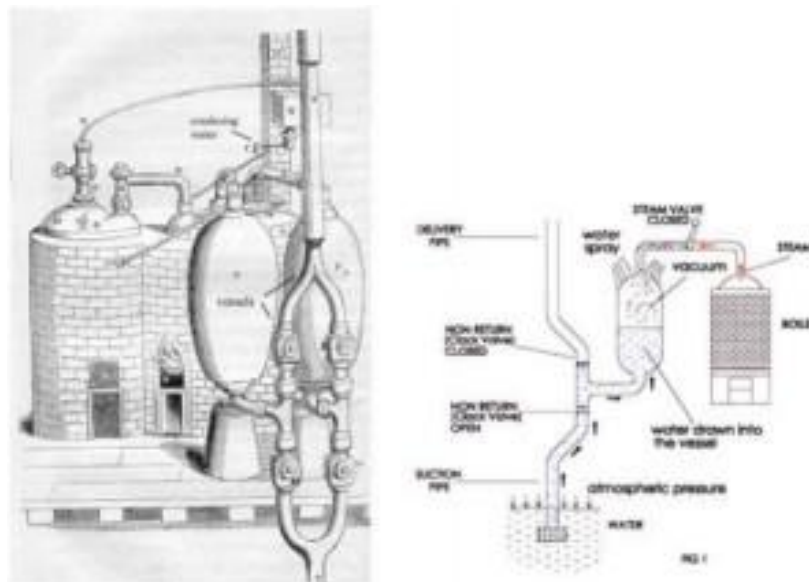


GAMBAR. Mesin uap teori Giovanni Battista della Porta

Alat ini berbentuk seperti sebuah wadah dengan penutup yang digunakan untuk menghasilkan uap bertekanan. Untuk menjaga agar alat tersebut tidak meledak, Papin melengkapi penemuannya tersebut dengan katup yang dapat bergerak naik turun sebagai tempat pembuangan uap untuk mengatur tekanan didalam wadahnya. Selain itu Papin juga mengembangkan mesinnya dengan menambahkan torak di bagian atas silinder yang tertutup yang akan bergerak naik dan turun sesuai dengan teori yang ditemukan oleh Giovanni Battista della Porta. Konsep inilah yang kemudian mengawali ditemukannya mesin uap pertama di dunia yang menggunakan piston dan silinder mesin.

D. Mesin Uap Thomas Savery (1650 – 1715)

Thomas Savery adalah seorang insinyur yang bekerja pada militer Inggris dan penemu berkebangsaan Inggris. Pada tahun 1698 ia menemukan mesin uap pertama di dunia. Penemuannya ini diawali ketika ia bekerja pada sebuah tambang batubara yang mengalami kesulitan dalam memompa air yang digunakan untuk mengairi tambang.

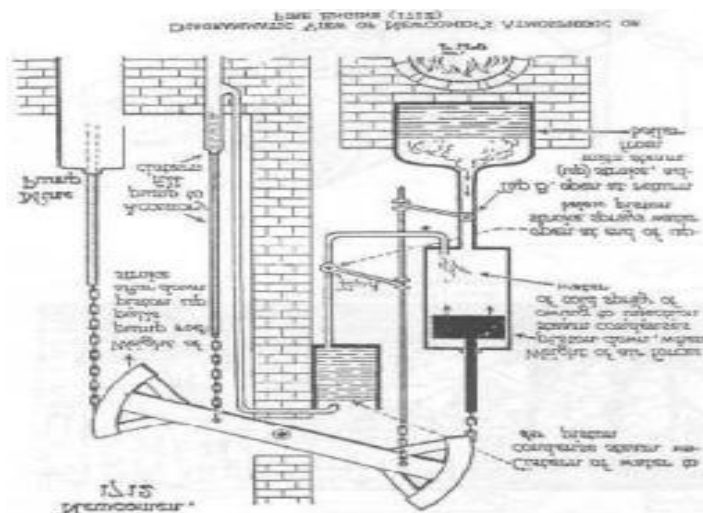


GAMBAR 2.1.2. D. Mesin Uap Thomas Savery

Prinsip kerja mesin ini adalah dengan menaikkan tekanan uap di dalam ketel. Uap tersebut kemudian dimasukkan ke bejana kerja, sehingga memungkinkan untuk meniup air keluar melalui pipa bawah. Ketika temperatur dalam bejana menjadi panas karena dipenuhi uap keran antara ketel dan bejana ditutup, jika perlu bagian luar bejana didinginkan. Hal ini mengakibatkan uap didalamnya berkondensasi, menciptakan vakum parsial dan tekanan atmosfer mendorong air ke atas melalui pipa bawah hingga bejana penuh. Pada titik ini keran di bawah bejana ditutup, dan keran antara bejana dan pipa atas dibuka untuk mengalirkan pipa dari ketel. Tekanan uap yang tinggi akan memaksa air keluar dari bejana.

E. Mesin Uap Thomas Newcomen (1663 – 1729)

Thomas Newcomen merupakan seorang pandai besi Inggris yang menemukan mesin uap atmosfer, sebuah perbaikan terhadap desain Thomas Savery sebelumnya. Mesin uap Newcomen menggunakan kekuatan tekanan atmosfer untuk bekerja. Pada mesin Newcomen ini intensitas tekanan tidak dibatasi oleh tekanan uap, tidak seperti apa yang dipatenkan Thomas Savery pada tahun 1698.

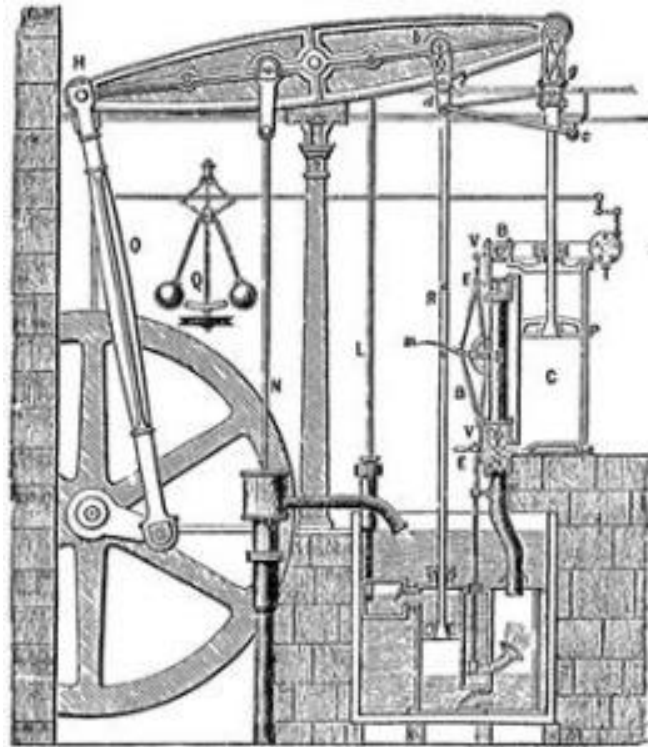


GAMBAR 2.1.2. E. Mesin Uap Newcomen

Pada tahun 1712, Thomas Newcomen bersama dengan John Calley membangun mesin pertama diatas sebuah lubang tambang yang terisi air dimana mesin tersebut digunakan untuk memompa air keluar tambang. Mesin Newcomen ini merupakan pendahulu mesin James Watt dan salah satu bagian teknologi yang paling menarik yang berkembang selama abad ke-17. Gambar tersebut menunjukkan posisi boiler berada tepat dibawah silinder. Uap pertama kali dialirkan dari boiler menuju ke silinder. Ketika piston mencapai puncak, air disemprotkan kedalam silinder untuk mendinginkan uap yang membentuk sebuah vakum. Piston terdorong turun oleh berat udara yang berada diatasnya (15 pond per inci dari luas piston). Siklus tersebut terjadi secara berulang-ulang.

F. Mesin Uap James Watt (1736 – 1819)

James Watt adalah seorang insinyur mesin dan penemu asal Skotlandia. Pada tahun 1769 James Watt mematenkan kondenser terpisah yang terhubung ke silinder oleh sebuah katup. Tidak seperti mesin uap milik Newcomen, pada mesin uap milik James Watt ini terdapat sebuah kondensor untuk mendinginkan silinder yang panas. Mesin James Watt ini segera menjadi desain untuk semua mesin uap modern dan memicu terjadinya revolusi industri. Satuan daya Watt diambil dari nama James Watt dimana 1 Watt besarnya setara dengan $\frac{1}{746}$ HP.



GAMBAR 2.1.2. F. Mesin Uap James Watt

Perbedaan mendasar dari mesin James Watt ini dengan mesin milik Thomas Newcomen adalah pada letak kondensor yang digunakan. Jika pada mesin Newcomen ruang untuk mengkondensasikan uap menyatu dengan silinder kerja, maka pada mesin James Watt ruang untuk mengkondensasikan uap terpisah dari silinder. Selain itu mekanisme penggerak torak dari mesin James Watt menggunakan gerakan putar dari roda penggerak yang berputar, tidak seperti pada mesin Newcomen yang menggunakan gerakan translasi (bolak-balik) dari pompa air

2.2.1. Sistem Boiler

Sistem boiler terdiri dari sistem air umpan, sistem steam, dan sistem bahan bakar.

1. Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan dari sistem air umpan, penanganan air umpan diperlukan sebagai bentuk pemeliharaan untuk mencegah terjadi kerusakan dari sistem steam.
2. Sistem steam mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam boiler, steam dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan steam diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan.
3. 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 sistem.

2.3 Langkah Pengoperasian Boiler

1. Menghidupkan Boiler

- a. Menyiapkan sumber kelistrikan
 1. Menghidupkan saklar sumber listrik dari PLN (panel MCB)
 2. Menghidupkan saklar sistem air pendingin
 3. Menghidupkan sistem kelistrikan Boiler
- b. Menyiapkan pemasok air
 1. Menutup katup pemasok air steam bench
 2. Menutup katup pemasok pompa vakum
 3. Membuka katup pemasok air
 4. Menutup katup bypass air lunak (soffner)

5. Membuka katup pemasok air lunak (soffner)
 6. Membuka katup pemasok tangki air pengisi boiler
 7. Menutup katup untuk pengujian kualitas uap
 8. Membuka katup pemasok air pada menara pendingin
 9. Menutup katup pemasok air pompa kalor
 10. Membuka katup pemasok air ke ketel uap suplai
 11. Menyalakan pompa pemasok air (disebelah luar gedung) dan
 12. memeriksa tekanannya sekitar 2,5 bar.
- c. Menyiapkan air pengisi Boiler
1. Membuka katup keluaran air pengisi ketel
 2. Membuka katup pemasok air pengisi ketel uap
 3. Menutup katup blow down ketel uap
- d. Memeriksa ketinggian air Boiler
1. Membuka katup lower water coloum
 2. Membuka katup upper water coloum
 3. Menutup katup lower tricoock
 4. Membuka katup upper tricoock
 5. Menutup katup water coloum blow down
- e. Memeriksa gelas penduga
- Memastikan handel ketiga katup yang terdapat pada gelas penduga selalu dalam posisi vertikal.
- f. Katup-katup pengeluaran Boiler
1. Menutup katup uap utama
 2. Membuka katup pengukuran tekanan uap
 3. Menutup/mengunci katup pengeluaran ketel uap

g. Pemasok bahan bakar Boiler

1. Memastikan volume tangki bahan bakar, minimal setengah penuh.
2. Membuka katup pemasok minyak pada tangki
3. Membuka katup pemasok minyak pada ketel uap.
4. Membuka katup kembalian minyak dari ketel uap
5. Memastikan red fire valve arm pada pemasok minyak ketel uap
6. berada pada posisi terbuka.

h. Sistem kelistrikan pada Boiler

1. Menghidupkan saklar pemasok listrik untuk ketel uap (terletak pada dinding dibelakang pemanas lanjut)
2. Menyalakan saklar daya ketel uap pada kotak distribusi
3. Memutar kunci saklar permulaan boiler pada posisi on. Pada kondisi ini pompa pengisian air boiler bekerja dan memompa air ke dalam boiler. Hal ini berlangsung terus sampai ketinggian air pada boiler siap untuk dioperasikan.

i. Penyalaan pembakar

1. Menyalakan electrical circuit breaker yang terletak disebelah kiri kotak kendali boiler dan tekan tombol berwarna hijau pada sebelah kanan kotak kendali.
2. Burner atau pembakar motor akan bekerja dan setelah lebih kurang 15 detik proses pembakaran dimulai.

j. Pemanasan Boiler

1. Setelah proses pembakaran dimulai, proses pembakaran, selanjutnya diatur secara otomatis oleh kendali tekanan pada kotak panel, pembakaran akan mati pada kondisi tekanan sekitar 10 bar (tekanan pengesetan)

2. Bila ketinggian air didalam boiler mencapai batas terendah, makaproses pembakaran akan mati secara otomatis.
3. Memastikan ketinggian air pada gelas penduga adalah 2-3 cm dibawah batas ketinggian maksimal, jika perlu kurangi ketinggian airdengan membuka katup blow down boiler.

2. Mematikan Boiler.

1. Matikan electrical circuit breaker yang terletak pada sebelah kiri kotak kontrol.
2. Menutup katup pemasok bahan bakar
3. Membuka katup fan atmosfir
4. Membuka katup blow down boiler kurang lebih seperempat putaran sampai pompa air pengisi ketel menyala kemudian menutup kembali katup tersebut.
5. Menunggu beberapa saat dan mengulangi langkah 4 sampai sekitar tiga kali sehingga tekanan berada dibawah 2 bar.
6. Menutup katup uap.
7. Mematikan sistem pemasok listrik pada boiler.
8. Menutup katup pemasok air pengisi ketel.
9. Menutup katup pemasok air utama.
10. Membuka sedikit katup upper tricoc

2.4 Pengolahan Air Umpan Boiler

Air umpan adalah air yang disuplai ke *boiler* untuk dirubah menjadi *steam*. Sedangkan sistem air umpan adalah sistem penyediaan air secara otomatis untuk boiler sesuai dengan kebutuhan *steam*. Ada dua sumber Air umpan, yaitu:

1. Kondensat : steam yang telah berubah fasa menjadi air (mengembun)
2. Air make up : air baku yang sudah diolah

3. Pada air umpan boiler bisa mengandung mineral-mineral yang bisa menyebabkan pengendapan, korosi dan *carry over*. Pengendapan material dapat mengakibatkan menurunnya efektifitas perpindahan panas sehingga menyebabkan penggunaan bahan bakar menjadi boros, metal bersuhu tinggi bahkan bisa mengakibatkan kerusakan. Pengendapan juga merupakan masalah yang paling serius pada *Boiler*, bisa juga menyebabkan masalah-masalah pada sistem sebelum dan sesudah *Boiler*. Dimana Tujuan pengolahan air umpan pada *boiler*, adalah :

1. Menghindari terbentuknya kerak.
2. Mencegah korosi ada peralatan
3. Menghindari terbawanya senyawa yang tidak diinginkan kedalam *steam* (*carry over*)

A. Cara pengolahan air boiler :

1. Pengolahan secara kimia (penggunaan *chemichal*)
2. Sistem *Blowdown* : Pengertian *Blowdown* adalah pembuangan sejumlah kecil air *boiler* dengan maksud untuk menjaga tingkat *maximum* dari padatan terlarut dan terendap pada tingkat yang diizinkan.

B. Persyaratan air umpan boiler :

Boiler atau ketel uap merupakan sebuah alat untuk pembangkit uap dimana uap ini berfungsi sebagai zat pemindah tenaga kalor.

Hal-hal yang mempengaruhi efisiensi *boiler* adalah bahan bakar dan kualitas air umpan *boiler*. Parameter-parameter yang mempengaruhi kualitas air umpan *boiler* antara lain:

1. Oksigen terlarut, dalam jumlah yang tinggi dapat menyebabkan korosi pada peralatan *boiler*.
2. Kekeruhan, dapat mengendap pada perpipaan dan peralatan.

3. PH. Bila tidak sesuai dengan standar kualitas air umpan *boiler* dapat menyebabkan korosi pada peralatan

C. Karakteristik air *boiler* :

1. PH

Merupakan indikasi untuk keasaman suatu zat . PH (Pondus hidrogenium) ditentukan oleh jumlah hidrogen bebas (H^+) dalam suatu zat. PH adalah *factor* logaritmik, ketika sebuah larutan menjadi 10x lebih asam, PH akan jatuh oleh satu unit.

2. Daya hantar listrik/konduktivitas

Daya hantar listrik adalah kemampuan dari larutan untuk menghantarkan arus listrik. Harga daya hantar listrik dari umpan air *boiler* diperhatikan untuk mencegah terjadinya endapan kerak pada bagian permukaan perpindahan panas dan untuk menjaga kemurnian *steam*

3. Alkalinitas

Didefinisikan sebagai jumlah anion dalam air yang akan bereaksi untuk menetralkan ion H^+ . Harga alkalinitas tinggi tidak dikehendaki untuk umpan air *boiler* karena dapat menimbulkan pembusaan dan *carryover*.

Sistem *steam* adalah proses pengontrolan produksi *steam* dalam *boiler*, seperti: kapasitas, *pressure*. Selanjutnya *steam* didistribusikan ke pengguna melalui jalur perpipaan

A. Sistem Kontrol Level Air Pada *Steam Drum*

Pada *boiler*, air yang dipanaskan oleh *boiler* agar menjadi uap, akan selalu melewati *steam drum*. Air di dalam *steam drum* dipompa menuju *wall tube* yang letaknya berjajar secara rapat dan didesain menjadi dinding *furnace*, yaitu tempat terjadinya proses pembakaran bahan bakar. Pada pipa-pipa inilah air berubah fase menjadi uap dan kembali menuju *steam drum*. Selanjutnya air dan uap air akan dipisahkan oleh *steam drum*, yang masih berfase air akan dipompa kembali menuju *wall tube*, sedangkan yang sudah berfase uap akan menuju pipa-pipa.

Air pada *boiler* juga berfungsi sebagai media pendingin pada pipa pipanya. Terutama pula di sisi *wall tube* yang secara langsung ia menjadi dinding *furnace*, tempat proses pembakaran. Untuk itulah level air pada *steam drum* menjadi parameter yang sangat dijaga untuk memastikan tetap ada media pendingin bagi pipa-pipa *boiler*.

Memproduksi steam yang berkualitas tergantung pada pengolahan air yang benar untuk mengendalikan kemurnian steam, endapan dan korosi. Sebuah boiler merupakan bagian dari sistem boiler, yang menerima semua bahan pencemar dari sistem di depannya. Kinerja boiler, efisiensi dan umur layanan merupakan hasil langsung dari pemilihan dan pengendalian air umpan yang digunakan dalam boiler. Jika air umpan masuk boiler, kenaikan suhu dan tekanan menyebabkan komponen air memiliki sifat yang berbeda. Hampir semua komponen dalam air umpan dalam keadaan terlarut. Walau demikian dibawah kondisi panas dan tekanan hampir seluruh komponen terlarut keluar dari larutan sebagai padatan partikulat, kadang-kadang dalam bentuk Kristal dan pada waktu yang lain dalam bentuk amorph. Jika kelarutan komponen spesifik dalam air terlewati, maka akan terjadi pembentukan kerak dan endapan. Air boiler harus cukup bebas dari

pembentukan endapan padat supaya terjadi perpindahan panas yang cepat dan efisien dan harus tidak korosif terhadap logam boiler.

2.4.1 Dua jenis utama pengolahan air boiler

1. *Pengolahan Air Internal.*

Pengolahan air internal adalah penambahan bahan kimia ke boiler untuk mencegah pembentukan kerak. Senyawa pembentuk kerak diubah menjadi lumpur yang mengalir bebas, yang dapat dibuang dengan blowdown. Metode ini terbatas pada boiler dimana air umpan mengandung garam sadah yang rendah, dengan tekanan rendah, kandungan TDS tinggi dalam boiler dapat ditoleransi, dan jika jumlah airnya sedikit. Jika kondisi tersebut tidak terpenuhi, maka laju blowdown yang tinggi diperlukan untuk membuang lumpur.

Hal tersebut menjadi tidak ekonomis sehubungan dengan kehilangan air dan panas. Jenis sumber air yang berbeda memerlukan bahan kimia yang berbeda pula. Senyawa seperti sodium karbonat, sodium aluminat, sodium fosfat, sodium sulfit, dan senyawa organik dan anorganik seluruhnya dapat digunakan untuk maksud ini. Untuk setiap kondisi air diperlukan bahan kimia tertentu. Harus dikonsultasikan dengan seorang spesialis dalam menentukan bahan kimia yang paling cocok untuk digunakan pada setiap kasus. Pengolahan air hanya dengan pengolahan internal tidak direkomendasikan.

2. *Pengolahan Air Eksternal*

Pengolahan eksternal digunakan untuk membuang padatan tersuspensi, padatan terlarut (terutama ion kalsium dan magnesium yang merupakan penyebab utama pembentukan kerak) dan gas-gas terlarut (oksigen dan karbondioksida). Proses perlakuan eksternal yang ada adalah:

- a. Pertukaran ion
- b. Penghilangan mineral/demineralisasi.
- c. De-aerasi

Sebelum digunakan cara diatas, perlu untuk membuang padatan dan warna dari bahan baku air, sebab bahan tersebut dapat mengotori resin yang digunakan pada bagian pengolahan selanjutnya. Metode pengolahan awal adalah sedimentasi dalam tangki pengendapan atau pengendapan dalam clarifiers dengan bantuan koagulan dan flokulan. Penyaring pasir bertekanan, dengan aerasi untuk menghilangkan karbondioksida dan besi, dapat digunakan untuk menghilangkan garam-garam logam dari air sumur. Tahap pertama pengolahan adalah menghilangkan garam sadah garam non sadah. Penghilangan hanya garam sadah disebut pelunakan, sedangkan penghilangan total garam dari larutan disebut penghilangan mineral atau demineralisasi. Proses pengolahan air eksternal antara lain:

a) Proses Pertukaran Ion (Plant Pelunakan).

Pada proses pertukaran ion, kesadahan dihilangkan dengan melewati air pada bed zeolit alam atau resin sintetik dan tanpa pembentukan endapan. Jenis paling sederhana adalah “pertukaran basa” dimana ion kalsium dan magnesium ditukar dengan ion sodium. Setelah jenuh, dilakukan regenerasi dengan sodium klorida. Garam sodium mudah larut, tidak membentuk kerak dalam boiler. Dikarenakan penukar basa hanya menggantikan kalsium dan magnesium dengan sodium, maka tidak mengurangi kandungan TDS, dan besarnya blowdown. Penukar basa ini juga tidak menurunkan alkalinya.

b) Demineralisasi (Penghilangan mineral).

Demineralisasi merupakan penghilangan lengkap seluruh garam. Hal ini dicapai dengan menggunakan resin “kation”, yang menukar kation dalam air baku dengan ion hydrogen menghasilkan asam hidroklorida, asam sulfat dan asam karbonat. Asam karbonat dihilangkan dalam menara degassing dimana udara dihembuskan melalui air asam. Berikutnya, air melewati resin “anion”, yang menukar anion dengan asam mineral (misalnya asam sulfat) dan membentuk air. Regenerasi kation dan anion perlu dilakukan pada jangka waktu tertentu dengan

menggunakan asam mineral dan soda kaustik. Penghilangan lengkap silika dapat dicapai dengan pemilihan resin anion yang benar.

c) Deaerasi

Dalam de-aerasi, gas terlarut seperti oksigen dan karbondioksida dibuang dengan pemanasan awal air umpan masuk ke boiler. Seluruh air alam mengandung gas terlarut dalam larutannya. Gas-gas tertentu seperti karbon dioksida dan oksigen sangat meningkatkan korosi. Bila dipanaskan dalam sistem boiler, karbondioksida (CO_2) dan oksigen (O_2) dilepaskan sebagai gas dan bergabung dengan air (H_2O) membentuk asam karbonat (H_2CO_3). Penghilangan oksigen, karbondioksida dan gas lain yang tidak dapat terembunkan dari air umpan boiler sangat penting bagi umur peralatan boiler dan juga keamanan operasi. Asam karbonat mengkorosi logam menurunkan umur peralatan dan pemipaan. Asam ini juga melarutkan besi (Fe) yang jika kembali ke boiler akan mengalami pengendapan dan menyebabkan terjadinya pembentukan kerak pada boiler dan pipa. Kerak ini tidak hanya berperan dalam penurunan umur peralatan tapi juga meningkatkan jumlah energi yang diperlukan untuk mencapai perpindahan panas.

2.4.2 Pengendalian Endapan

Endapan dalam boiler dapat diakibatkan dari kesadahan air umpan dan hasil korosi dari sistem kondensat dan air umpan. Kesadahan air umpan dapat terjadi karena kurangnya sistem pelunakan. Endapan dan korosi menyebabkan kehilangan efisiensi yang dapat menyebabkan kegagalan dalam pipa boiler dan ketidakmampuan memproduksi steam. Endapan bertindak sebagai isolator dan memperlambat perpindahan panas. Sejumlah besar endapan diseluruh boiler dapat mengurangi perpindahan panas yang secara signifikan dapat menurunkan efisiensi boiler. Berbagai jenis endapan akan mempengaruhi efisiensi boiler secara berbeda-beda, sehingga sangat penting untuk menganalisis karakteristik endapan. Efek pengisolasian terhadap endapan menyebabkan naiknya suhu logam boiler dan mungkin dapat menyebabkan kegagalan pipa karena pemanasan berlebih.

2.4.3 Kotoran Yang Menyebabkan Endapan

Bahan kimia yang paling penting dalam air yang mempengaruhi pembentukan endapan dalam boiler adalah garam kalsium dan magnesium yang dikenal dengan garam sadah. Kalsium dan magnesium bikarbonat larut dalam air membentuk larutan basa/kali dan garam-garam tersebut dikenal dengan kesadahan alkali. Garam-garam tersebut terurai dengan pemanasan, melepaskan karbondioksida dan membentuk lumpur lunak, yang kemudian mengendap. Hal ini dikenal dengan kesadahan sementara. Kesadahan sementara adalah kesadahan yang dapat dibuang dengan pendidihan. Kalsium dan magnesium sulfat, klorida dan nitrat, dan lain-lain. Jika dilarutkan dalam air secara kimiawi akan menjadi netral dan dikenal dengan kesadahan non alkali. Bahan tersebut disebut bahan kimia sadah permanen dan membentuk kerak yang keras pada permukaan boiler yang sulit dihilangkan. Bahan kimia sadah non-alkali terlepas dari larutannya karena penurunan daya larut dengan meningkatnya suhu, dengan pemekatan karena penguapan yang berlangsung dalam boiler, atau dengan perubahan bahan kimia menjadi senyawa yang kurang larut.

2.4.4. Silika

Keberadaan silika dalam air boiler dapat meningkatkan pembentukan kerak silika yang keras. Silika juga berinteraksi dengan garam kalsium dan magnesium, membentuk silikat kalsium dan magnesium dengan daya konduktivitas panas yang rendah. Silika dapat meningkatkan endapan pada sirip turbin, setelah terbawa dalam bentuk tetesan air dalam steam, atau dalam bentuk yang mudah menguap dalam steam pada tekanan tinggi.

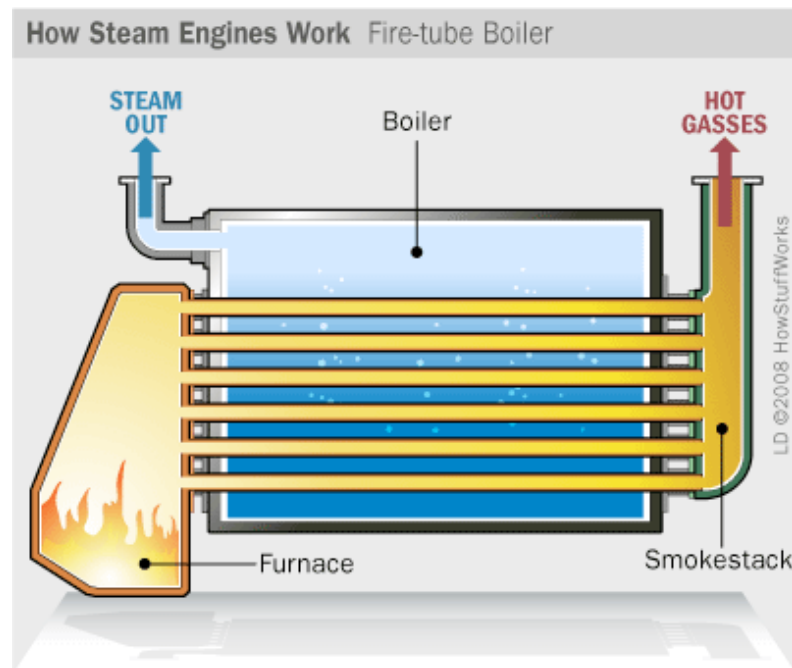
2.5. Jenis – Jenis Boiler

Setelah mengetahui proses singkat, sistem boiler, dan komponen pembentuk sistem boiler, perlu diketahui keanekaragaman boiler. Berbagai bentuk boiler telah berkembang mengikuti kemajuan teknologi dan evaluasi dari produk-produk boiler sebelumnya yang dipengaruhi oleh gas buang boiler yang mempengaruhi lingkungan dan produk steam seperti apa yang akan dihasilkan. Berikut klasifikasi boiler yang telah dikembangkan:

2.4.1. Berdasarkan tipe pipa :

.A.Fire Tube Boiler

Tipe *boiler* pipa api memiliki karakteristik : menghasilkan kapasitas dan tekanan *steam* yang rendah. *Fire Tube Boiler* juga sering disebut *Boiler Pipa Api*. *Fire Tube Boiler* biasanya digunakan untuk kapasitas *steam* yang relatif kecil dengan tekanan rendah hingga sedang, itu dikarenakan sesuai dengan karakteristik dari *Fire Tube Boiler* itu sendiri, yang dimana karakteristiknya ialah menghasilkan kapasitas *steam* dan tekanan rendah. *Fire Tube Boiler* dalam operasinya menggunakan bahan bakar minyak bakar, gas atau bahan bakar padat. Sebagian besar *Fire tube boiler* dirakit oleh pabrik untuk semua bahan bakar. Cara kerja proses pengapian terjadi didalam pipa, kemudian panas yang dihasilkan dihantarkan langsung kedalam *boiler* yang berisi air. Besar dan konstruksi *boiler* mempengaruhi kapasitas dan tekanan yang dihasilkan *boiler* tersebut. Cara kerja *Fire Tube Boiler* cukup mudah dipahami yaitu dikarenakan pada saat proses pengapian yang terjadi di dalam pipa, panas yang dihasilkan dari pengapian tersebut akan dihantarkan langsung kedalam *boiler* yang berisi air.



GAMBAR Fire Tube Boiler (Boiler Pipa Api)

B. Water Tube:

Adalah jenis boiler yang pemanasannya berada didalam pipa sedangkan airnya berada dibagian luar pipa, lalu bila ditinjau dari segi susunan pipa phase aliran gas atau udara panas hasil pembakaran dapat dibagi menjadi:

1. Boiler Two Phase

Yang dimaksud dengan type/ model boiler two phase adalah susunan kelompok pipa lorong api dari ruang chamber menuju ke pipa dan langsung keluar ke cerobong pembuang udara bebas. Untuk PT. Indofood CBP Sukses Makmur Cabang Jambi menggunakan boiler type ini.

2. Boiler Three Phase

Yang dimaksud dengan type/ model boiler there phase adalah kondisi kelompok susunan perpindahan panas dari sumber pembakaran (ruang

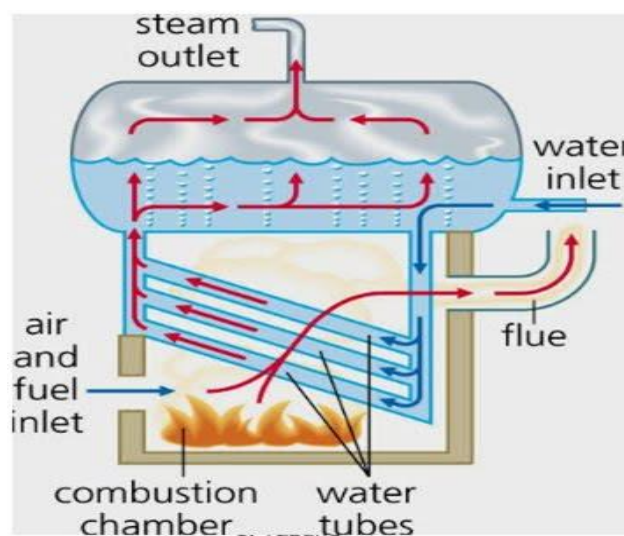
chamber) akan menuju ke cerobong pembuangan hasil pembakaran dengan susunan sebagai berikut:

1. Phase pertama adalah ruang chamber.
2. Phase kedua adalah pipa lorong api kelompok tengah.
3. Phase ketiga adalah lorong api paling atas langsung keluar ke cerobong.

3. *Boiler Four Phase*

Untuk boiler empat phase keatas dimana sekat kelompok pipa terdapat 3 kali susunan ditambah 1 kali dari ruang chamber. Dan untuk jenis / type boiler ini biasanya termasuk kategori special boiler yang mempunyai kapasitas besar.

Water tube boiler adalah merupakan type yang pada umumnya berkapasitas besar serta bertekanan yang cukup tinggi dan biasa sering digunakan di pembangkit listrik tenaga uap dan banyak dipakai oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Karena dalam system proses kerja kerja dari water tube boiler adalah air yang akan dipanaskan berada didalam pipa, sedangkan api berada dibagian luar pipa. Jadi terlihat perbedaan antara water tube dan fire tube boiler yang sangat nyata, terutama dari sisi model konstruksi serta pemanasan air itu sendiri.



GAMBAR. Boiler Pipa Air (*Water tube Boiler*)

Tabel 3.1.Keuntungan dan kerugian boiler berdasarkan tipe pipa.

No	Tipe Boiler	Keuntungan	Kerugian
1	Fire Tube	Proses pemasangan mudah dan cepat, Tidak membutuhkan setting khusus	Tekanan operasi steam terbatas untuk tekanan rendah 18 bar
		Investasi awal boiler ini murah	Kapasitas steam relatif kecil (13.5 TPH) jika dibandingkan dengan water tube
		Bentuknya lebih compact dan portable	Tempat pembakarannya sulit dijangkau untuk dibersihkan, diperbaiki, dan diperiksa kondisinya.
		Tidak membutuhkan area yang besar untuk 1 HP boiler	Nilai effisiensinya rendah, karena banyak energi kalor yang terbuang langsung menuju stack
2	Water Tube	Kapasitas steam besar sampai 450 TPH	Proses konstruksi lebih detail
		Tekanan operasi mencapai 100 bar	Investasi awal relatif lebih mahal
		Nilai effisiensinya relatif lebih tinggi dari fire tube boiler	Penanganan air yang masuk ke dalam boiler perlu dijaga, karena lebih sensitif untuk sistem ini, perlu komponen pendukung untuk hal ini
		Tungku mudah dijangkau untuk melakukan pemeriksaan,pembersihan, dan perbaikan.	Karena mampu menghasilkan kapasitas dan tekanan steam yang lebih besar, maka konstruksinya dibutuhkan area yang luas

B. Berdasarkan bahan bakar yang digunakan :

1. Solid Fuel

Tipe boiler bahan bakar padat memiliki karakteristik : harga bahan baku pembakaran relatif lebih murah dibandingkan dengan boiler yang menggunakan bahan bakar cair dan listrik. Nilai efisiensi dari tipe ini lebih baik jika dibandingkan dengan boiler tipe listrik.

Cara kerja : pemanasan yang terjadi akibat pembakaran antara percampuran bahan bakar padat (batu bara, baggase, rejected product, sampah kota, kayu) dengan oksigen dan sumber panas.

2. Oil Fuel

Tipe boiler bahan bakar cair memiliki karakteristik : harga bahan baku pembakaran paling mahal dibandingkan dengan semua tipe. Nilai efisiensi dari tipe ini lebih baik jika dibandingkan dengan boiler bahan bakar padat dan listrik.

Cara kerja : pemanasan yang terjadi akibat pembakaran antara percampuran bahan bakar cair (solar, IDO, residu, kerosin) dengan oksigen dan sumber panas.

3. Gaseous Fuel

Tipe boiler bahan bakar gas memiliki karakteristik : harga bahan baku pembakaran paling murah dibandingkan dengan semua tipe boiler. Nilai efisiensi dari tipe ini lebih baik jika dibandingkan dengan semua tipe boiler berdasarkan bahan bakar.

Cara kerja : pembakaran yang terjadi akibat percampuran bahan bakar gas (LNG) dengan oksigen dan sumber panas.

4. Electric

Tipe boiler listrik memiliki karakteristik : harga bahan baku pemanasan relatif lebih murah dibandingkan dengan boiler yang menggunakan bahan bakar cair. Nilai efisiensi dari tipe ini paling rendah jika dibandingkan dengan semua tipe boiler berdasarkan bahan bakarnya.

Cara kerja : pemanasan yang terjadi akibat sumber listrik yang menyuplai sumber panas.

Tabel 3.2. Keuntungan dan kerugian boiler berdasarkan bahan bakar.

No	Tipe Boiler	Keuntungan	Kerugian
1	Solid Fuel	Bahan baku mudah didapatkan.	Sisa pembakaran sulit dibersihkan
		Murah konstruksinya.	Sulit mendapatkan bahan baku yang baik.
2	Oil Fuel	Sisa pembakaran tidak banyak dan lebih mudah dibersihkan.	Harga bahan baku paling mahal.
		Bahan bakunya mudah didapatkan.	Mahal konstruksinya.
3	Gaseous Fuel	Harga bahan bakar paling murah.	Mahal konstruksinya.
		Paling baik nilai effisiensinya.	Sulit didapatkan bahan bakunya, harus ada jalur distribusi.
4	Electric	Paling mudah perawatannya.	Paling buruk nilai effisiensinya.
		Mudah konstruksinya dan mudah didapatkan sumbernya.	Temperatur pembakaran paling rendah.

C. Berdasarkan kegunaan boiler :

1. Power Boiler

Tipe power boiler memiliki karakteristik : kegunaan utamanya sebagai penghasil steam sebagai pembangkit listrik, dan sisa steam digunakan untuk menjalankan proses industri.

Cara kerja : steam yang dihasilkan boiler ini menggunakan tipe water tube boiler, hasil steam yang dihasilkan memiliki tekanan dan kapasitas yang besar, sehingga mampu memutar steam turbin dan menghasilkan listrik dari generator.

2. Industrial Boiler

Tipe industrial boiler memiliki karakteristik : kegunaan utamanya sebagai penghasil steam atau air panas untuk menjalankan proses industri dan sebagai tambahan pemanas.

Cara kerja : steam yang dihasilkan boiler ini dapat menggunakan tipe water tube atau fire tube boiler, hasil steam yang dihasilkan memiliki kapasitas yang besar dan tekanan yang sedang.

3. Commercial Boiler

Tipe commercial boiler memiliki karakteristik : kegunaan utamanya sebagai penghasil steam atau air panas sebagai pemanas dan sebagai tambahan untuk menjalankan proses operasi komersial.

Cara kerja : steam yang dihasilkan boiler ini dapat menggunakan tipe water tube atau fire tube boiler, hasil steam yang dihasilkan memiliki kapasitas yang besar dan tekanan yang rendah.

4. Residential Boiler

Tipe residential boiler memiliki karakteristik : kegunaan utamanya sebagai penghasil steam atau air panas tekanan rendah yang digunakan untuk perumahan.

Cara kerja : steam yang dihasilkan boiler ini menggunakan tipe fire tube boiler, hasil steam yang dihasilkan memiliki tekanan dan kapasitas yang rendah

5. Heat Recovery Boiler

Tipe heat recovery boiler memiliki karakteristik : kegunaan utamanya sebagai penghasil steam dari uap panas yang tidak terpakai. Hasil steam ini digunakan untuk menjalankan proses industri.

Cara kerja : steam yang dihasilkan boiler ini menggunakan tipe water tube boiler atau fire tube boiler, hasil steam yang dihasilkan memiliki tekanan dan kapasitas yang besar.

Tabel 3.3. Keuntungan dan kerugian boiler berdasarkan kegunaan.

No	Tipe Boiler	Keuntungan	Kerugian
1	Power Boiler	Dapat menghasilkan listrik dan sisa steam dapat menjalankan proses industri.	Konstruksi awal relatif mahal.
		Steam yang dihasilkan memiliki tekanan tinggi	Perlu diperhatikan faktor safety.
2	Industrial Boiler	Penanganan boiler lebih mudah.	Steam yang dihasilkan memiliki tekanan rendah.
		Konstruksi awal relatif murah.	
3	Commercial Boiler	Penanganan boiler lebih mudah.	Steam yang dihasilkan memiliki tekanan rendah.
		Konstruksi awal relatif murah.	
4	Residential Boiler	Penanganan boiler lebih mudah.	Steam yang dihasilkan memiliki tekanan rendah.
		Konstruksi awal relatif murah.	
5	Heat Recovery Boiler	Penanganan boiler lebih mudah.	Steam yang dihasilkan memiliki tekanan rendah.
		Konstruksi awal relatif murah.	

D. Berdasarkan konstruksi boiler :

1. Package Boiler

Tipe package boiler memiliki karakteristik : perakitan boiler dilakukan di pabrik pembuat, pengiriman langsung dalam bentuk boiler.

Tipe *package boiler* memiliki karakteristik : perakitan *boiler* dilakukan di pabrik pembuat, pengiriman langsung dalam bentuk *boiler*.

Sebuah *boiler* paket adalah *boiler* buatan pabrik yang terdiri dari berbagai desain standar. *Boiler* paket digunakan untuk pemanasan dan bertindak sebagai pembangkit uap untuk keperluan listrik kecil seperti tanaman industri *self-powered*. Mereka tidak dapat digunakan untuk pembangkit listrik skala besar seperti co-generasi tanaman karena ukuran mereka dan kurangnya efisiensi . Keuntungan dari paket *boiler* adalah bahwa mereka dapat dibawa secara keseluruhan perakitan, sempurna untuk ruang rapat, dan mudah diinstal. Mereka membutuhkan pipa *steam*, pipa air, pasokan bahan bakar, sambungan listrik dan membuat dapat siap segera. Karena desain yang kompak mereka, *boiler* ini lebih murah untuk beroperasi karena sistem manajemen *burner* otomatis mereka serta biaya pemeliharaan.

Besar biaya-menabung untuk paket *boiler* adalah kebutuhan mereka yang sederhana untuk Gambar Teknis . Cerobong mungkin baik menggunakan batu cerobong asap yang ada, atau tabung baja tumpukan sederhana disediakan, hanya cukup untuk menghapus gangguan dari asap knalpot. Sebagai *burner* menyediakan rancangan sendiri dari penggemar, mereka tidak memerlukan cerobong asap batu bata tinggi yang diperlukan untuk menyediakan draft untuk batu bara

2. Site Erected Boiler

Tipe site erected boiler memiliki karakteristik : perakitan boiler dilakukan di tempat akan berdirinya boiler tersebut, pengiriman dilakukan per komponen

2.6 Bagian-Bagian Pada Boiler dan Fungsinya

Sama seperti pompa, kompresor dan peralatan pabrik lainnya yang tersusun dari berbagai komponen sehingga alat tersebut dapat beroperasi dan menjalankan perannya. Boiler juga tersusun dari berbagai macam komponen dengan fungsinya masing-masing. Di bawah ini adalah fungsi dari masing-masing komponen pada boiler, yaitu:

1. Tungku Pengapian (Furnace)

Bagian ini merupakan tempat terjadinya pembakaran bahan bakar yang akan menjadi sumber panas, proses penerimaan panas oleh media air dilakukan melalui pipa yang telah dialiri air, pipa tersebut menempel pada dinding tungku pembakaran. Proses perpindahan panas pada furnace terjadi dengan tiga cara:

1. Perpindahan panas secara radiasi, dimana akan terjadi pancaran panas dari api atau gas yang akan menempel pada dinding tube sehingga panas tersebut akan diserap oleh fluida yang mengalir di dalamnya.
2. Perpindahan panas secara konduksi, panas mengalir melalui hantaran dari sisi pipa yang menerima panas kedalam sisi pipa yang memberi panas pada air.
3. Perpindahan panas secara konveksi. panas yang terjadi dengan singgungan molekul-molekul air sehingga panas akan menyebar kesetiap aliran air.

Di dalam furnace, ruang bakar terbagi atas dua bagian yaitu ruang pertama dan ruang kedua. Pada ruang pertama, di dalamnya akan terjadi pemanasan langsung dari sumber panas yang diterima oleh tube (pipa), sedangkan pada ruang kedua yang terdapat pada bagian atas, panas yang diterima berasal dari udara panas hasil pembakaran dari ruang pertama. Jadi, fungsi dari ruang pemanas kedua ini yakni untuk menyerap panas yang terbuang dari ruang pemanasan pertama, agar energi panas yang terbuang secara cuma-cuma tidak terlalu besar, dan untuk mengontrol panas fluida yang telah dipanaskan pada ruang pertama agar tidak mengalami penurunan panas secara berlebihan.

2. Steam Drum

Steam drum berfungsi sebagai tempat penampungan air panas serta tempat terbentuknya uap. Drum ini menampung uap jenuh (saturated steam) beserta air dengan perbandingan antara 50% air dan 50% uap. untuk menghindari agar air tidak terbawa oleh uap, maka dipasang sekat-sekat, air yang memiliki suhu rendah akan turun ke bawah dan air yang bersuhu tinggi akan naik ke atas dan kemudian menguap.

3. Superheater

Merupakan tempat pengeringan steam, dikarenakan uap yang berasal dari steam drum masih dalam keadaan basah sehingga belum dapat digunakan. Proses pemanasan lanjutan menggunakan superheater pipe yang dipanaskan dengan suhu 260°C sampai 350°C. Dengan suhu tersebut, uap akan menjadi kering dan dapat digunakan untuk menggerakkan turbin maupun untuk keperluan peralatan lain

4. Air Heater

Komponen ini merupakan alat yang berfungsi untuk memanaskan udara yang digunakan untuk menghembus/meniup bahan bakar agar dapat terbakar sempurna. Udara yang akan dihembuskan, sebelum melewati air heater memiliki suhu yang sama dengan suhu udara normal (suhu luar) yaitu 38°C. Namun, setelah melalui air heater, suhunya udara tersebut akan meningkat menjadi 230°C sehingga sudah dapat digunakan untuk menghilangkan kandungan air yang terkandung didalamnya karena uap air dapat mengganggu proses pembakaran.

5. Dust Collector (Pengumpul Abu)

Bagian ini berfungsi untuk menangkap atau mengumpulkan abu yang berada pada aliran pembakaran hingga debu yang terikut dalam gas buang.

Keuntungan menggunakan alat ini adalah gas hasil pembakaran yang dibuang ke udara bebas dari kandungan debu. Alasannya tidak lain karena debu dapat mencemari udara di lingkungan sekitar, serta bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan pada alat akibat adanya gesekan abu maupun pasir

6. Pengatur Pembuangan Gas Bekas

Asap dari ruang pembakaran dihisap oleh blower IDF (Induced Draft Fan) melalui dust collector selanjutnya akan dibuang melalui cerobong asap. Damper pengatur gas asap diatur terlebih dahulu sesuai kebutuhan sebelum IDF dinyalakan, karena semakin besar damper dibuka maka akan semakin besar isapan yang akan terjadi dari dalam tungku.

7. Safety Valve (Katup pengaman)

Alat ini berfungsi untuk membuang uap apabila tekanan uap telah melebihi batas yang telah ditentukan. Katup ini terdiri dari dua jenis, yaitu katup pengaman uap basah dan katup pengaman uap kering. Safety valve ini dapat diatur sesuai dengan aspek maksimum yang telah ditentukan. Pada uap basah biasanya diatur pada tekanan 21 kg per cm kuadrat, sedangkan untuk katup pengaman uap kering diatur pada tekanan 20,5 kg per cm kuadrat

8. Gelas Penduga (Sight Glass)

Gelas penduga dipasang pada drum bagian atas yang berfungsi untuk mengetahui ketinggian air di dalam drum. Tujuannya adalah untuk memudahkan pengontrolan ketinggian air dalam ketel selama boiler sedang beroperasi. Gelas penduga ini harus dicuci secara berkala untuk menghindari terjadinya penyumbatan yang membuat level air tidak dapat dibaca.

9. Pembuangan Air Ketel

Komponen boiler ini berfungsi untuk membuang air dalam drum bagian atas. Pembuangan air dilakukan bila terdapat zat-zat yang tidak dapat terlarut, contoh sederhananya ialah munculnya busa yang dapat mengganggu pengamatan terhadap gelas penduga. Untuk mengeluarkan air dari dalam drum, digunakan blowdown valve yang terpasang pada drum atas, katup ini bekerja bila jumlah busa sudah melewati batas yang telah ditentukan.