

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Boiler

Boiler merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menghasilkan steam (uap) dalam berbagai keperluan. Air di dalam boiler dipanaskan dari hasil pembakaran bahan bakar (sumber panas lainnya) sehingga terjadi perpindahan panas dari sumber panas tersebut ke air yang mengakibatkan air tersebut menjadi panas atau berubah wujud menjadi uap. Air yang lebih panas memiliki berat jenis yang lebih rendah dibanding dengan air yang lebih dingin, sehingga terjadi perubahan berat jenis air di dalam boiler. Air yang memiliki berat jenis yang lebih kecil akan naik, dan sebaliknya air yang memiliki berat jenis yang lebih tinggi akan turun ke dasar (MF Syahputra.2010).

Sistem boiler terdiri dari: sistem air umpan, sistem steam dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan. Sistem steam mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam boiler. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. (MF Syahputra.2010).

2.1.1. Fungsi Boiler

Fungsi dari boiler adalah menghasilkan uap yang digunakan untuk kebutuhan proses pabrik, dan membangkitkan listrik untuk kebutuhan pabrik maupun perumahan karyawan di sekitar pabrik. Adanya pengaruh pengotoran baik yang ditimbulkan dari bahan bakar maupun air umpan sangat berpengaruh terhadap efisiensi boiler (Asmudi, 2008).

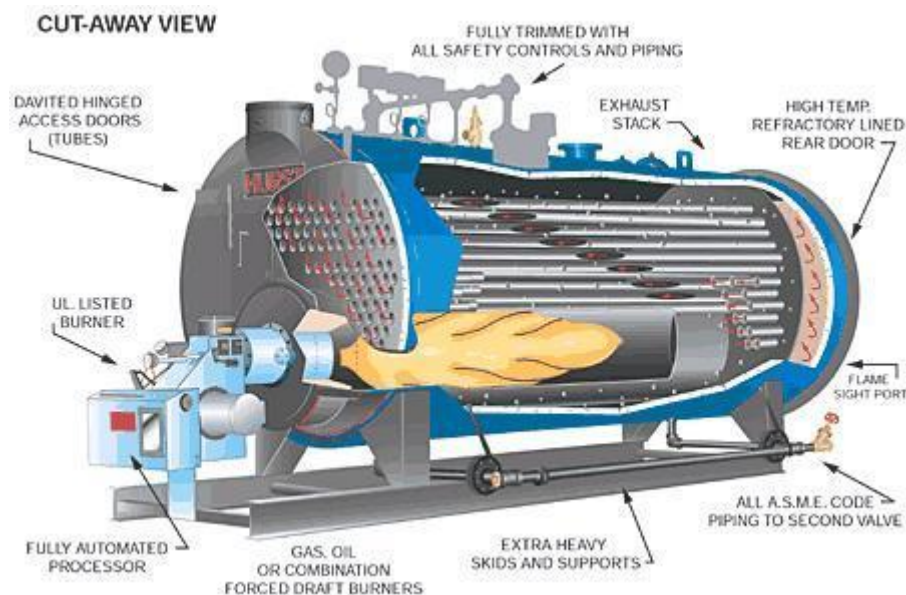
Klasifikasi Boiler secara umum dibagi dua yaitu, Boiler pipa api dan Boiler pipa air. Jenis Boiler pipa api banyak digunakan oleh industri yang memerlukan tekanan uap yang relatif rendah, misalnya pabrik-pabrik gula. Sedangkan jenis pipa air digunakan oleh industri/pembangkit listrik yang memerlukan tekanan uap yang tinggi, misalnya pada pusat-pusat listrik tenaga uap.

2.2. Jenis-Jenis Boiler

2.2.1. Boiler Pipa Api (Fire Tube Boiler)

Boiler pipa api merupakan pengembangan dari ketel lorong api dengan menambah pemasangan pipa –pipa api, dimana gas panas hasil pembakaran dari ruang bakar mengalir didalamnya, sehingga akan memanasi dan menguapkan air yang berada di sekeliling pipa –pipa api tersebut.

Dalam perancangan boiler ada beberapa faktor penting yang harus dipertimbangkan agar boiler yang direncanakan dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang dibutuhkan, dapat dilihat pada Gambar 1.



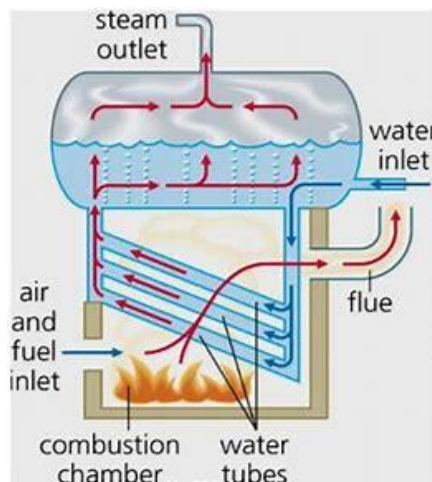
Gambar 1. Boiler Pipa Api

(sumber:Okifianti.2015.Boiler dan Jenisnya)

Boiler yang tergolong dalam jenis fire tube boiler adalah jenis boiler kecil yang sederhana dan pada umumnya memiliki kapasitas 10 Ton/jam dengan tekanan 16 kg/cm², jadi tergolong ke dalam boiler bertekanan rendah, karena kapasitas, tekanan, dan temperature uap yang dihasilkan rendah maka fire tube boiler jarang digunakan untuk pengolahan modern. Kekurangannya adalah lambat dalam mencapai tekanan operasi pada awal operasi, dan keuntungan menggunakan boiler ini adalah fleksibel terhadap perubahan beban secara cepat (Dalimunthe, 2006).

2.2.2. Ketel Pipa Air (Water Tube Boiler)

Ketel pipa air, yaitu ketel uap dengan air atau uap berada di dalam pipa - pipa atau tabung dengan pipa api atau asap berada diluarnya. Di dalam water tube boiler, air umpan boiler mengalir melalui pipa-pipa masuk ke dalam drum. Steam terbentuk karena sirkulasi air yang dipanaskan oleh gas pembakar yang terjadi di daerah uap di dalam drum. Sebagai ketel yang sudah sangat modern, water tube boiler biasanya dirancang dengan tekanan sangat tinggi dan memiliki kapasitas steam antara 4.500-12.000 kg/jam (UNEP, 2006).



Gambar 2. *Water Tube Boiler*

(sumber:Okifianti.2015.Boiler dan Jenisnya)

Umumnya water tube boiler terdiri dari beberapa drum (biasanya 2 atau 4 buah) dengan eksternal tubes. Biasanya ujung-ujung tube disambung atau dihubungkan langsung dengan drum-drum dengan cara di roll atau di ekspansi, Apabila kapasitas boiler lebih besar dari 20 MW atau tekanan operasi boiler lebih besar dari 24 bar. Maka boiler dianggap cocok untuk produksi uap dalam jumlah besar dengan skala industri dengan uap yang dihasilkan yaitu superheated (Dalimunthe, 2006). Penggunaan water tube boiler diakui memiliki keuntungan yang lebih karena memiliki reaksi yang cepat terhadap beban, dan kelembapan panas termal yang dapat dikatakan kecil. Unit pengolahan yang sudah modern banyak menggunakan water tube boiler sebagai pilihan, karena dapat menghasilkan uap air dengan kapasitas, temperatur, dan tekanan yang tinggi sesuai kebutuhan.

2.3 Sistem Boiler

Sistem yang dimiliki boiler untuk memenuhi kebutuhan steam terbagi menjadi beberapa sistem yaitu sistem air umpan (feed water system), sistem steam (steam system) dan sistem bahan bakar (fuel system) (UNEP, 2006).

1. Sistem air umpan (feed water system) merupakan sistem yang berguna untuk memenuhi kebutuhan steam dengan cara mengalirkan air umpan ke dalam boiler.
2. Sistem steam (steam system) merupakan sistem yang berguna untuk mengontrol proses produksi steam dan mengumpulkan berbagai data dalam boiler dengan cara mengalirkan uap ke titik pengguna dengan menggunakan sistem pemipaan.
3. Sistem bahan bakar (fuel system) merupakan sistem yang berguna untuk mengontrol proses pembakaran dengan cara mensuplai bahan bakar ke dalam dapur pembakaran untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan.

2.3.1. Keuntungan dan Kerugian Ketel Pipa Air

Keuntungan dari ketel pipa air:

1. Menghasilkan uap dengan tekanan lebih tinggi dari pada ketel pipa api.
2. Menempati ruang/tempat yang lebih kecil daripada ketel pipa api.
3. Laju aliran uap lebih tinggi.

Kerugian-kerugian ketel pipa air:

1. Air umpan mensyaratkan mempunyai kemurnian tinggi untuk mencegah endapan kerak di dalam pipa. Jika terbentuk kerak di dalam pipa bisa menimbulkan panas yang berlebihan dan pecah.
2. Ketel pipa air memerlukan perhatian yang lebih bagi penguapannya, karena itu akan menimbulkan biaya operasi yang lebih tinggi.
3. Pembersihan pipa air tidak mudah dilakukan.

2.4. Prinsip Kerja Boiler

Air di dalam boiler dipanaskan oleh panas dari hasil pembakaran bahan bakar, sehingga terjadi perpindahan panas dari sumber panas tersebut ke air, yang mengakibatkan air tersebut menjadi uap. Air yang lebih panas memiliki berat jenis yang lebih rendah dibanding dengan air yang lebih dingin, sehingga terjadi

perubahan berat jenis air di dalam boiler. Air yang memiliki berat jenis yang lebih kecil akan naik, dan sebaliknya air yang memiliki berat jenis yang lebih tinggi akan turun ke dasar (Djokosetyardjo, 2003). Sistem boiler terdiri dari sistem air umpan, sistem steam dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai kebutuhan uapnya. Sistem steam mengumpulkan dan mengontrol produksi uap dalam boiler. Prinsip kerja boiler yaitu mengubah dan memindahkan energi yang dimiliki bahan bakar menjadi energi yang dimiliki uap air. Berdasarkan bahan bakar yang digunakan, boiler dapat diklasifikasikan menjadi boiler bahan bakar padat, boiler bahan bakar cair, dan boiler bahan bakar gas. Pemanas ruangan juga merupakan salah satu aplikasi dari boiler. Prinsip kerja pemanas ruangan dikembangkan berdasarkan Hukum Termodinamika I dan II.

2.5. Steam

Uap atau steam merupakan gas yang dihasilkan dari proses yang disebut penguapan. Bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan steam adalah air bersih. Air dari water treatment yang telah diproses dialirkan menggunakan pompa ke deaerator tank hingga pada level yang telah ditentukan. Dengan meningkatnya suhu dan air telah mendekati kondisi didihnya, beberapa molekul mendapatkan energi kinetik yang cukup untuk mencapai kecepatan yang membuat sewaktu-waktu lepas dari cairan ke ruang diatas permukaan, sebelum jatuh kembali ke cairan. Pemanasan lebih lanjut menyebabkan eksitasi lebih besar dan sejumlah molekul dengan energi cukup untuk meninggalkan cairan jadi meningkat. Dalam hal ini pembakaran air dalam boiler adalah air yang melalui deaerator yang telah melalui pemanasan didalamnya yang dialirkan ke drum boiler (penampung steam) dan kemudian disuplai kedalam boiler untuk dipanaskan lebih lanjut sehingga menjadi steam basah.

Jika jumlah molekul yang meninggalkan permukaan cairan lebih besar dari yang masuk kembali, maka air akan menguap dengan bebas. Pada keadaan ini air telah mencapai titik didihnya atau suhunya jenuh, Jika tekanannya tetap, maka penambahan panas tidak mengakibatkan kenaikan suhu lebih lanjut namun menyebabkan air akan membentuk steam jenuh. Pada tekanan atmosfer suhu jenuh air adalah 100 °C, tetapi jika tekanannya bertambah maka akan ada penambahan

panas yang banyak dan peningkatan suhu tanpa perubahan fase. Oleh karena itu, kenaikan tekanan secara efektif akan meningkatkan entalpi air dan suhu jenuhnya. Hubungan antara suhu jenuh dan tekanan dikenal sebagai kurva steam jenuh. Air dan steam dapat berada secara bersamaan pada berbagai tekanan dalam kurva ini, keduanya akan berada pada suhu jenuh. Steam pada kondisi diatas kurva jenuh dikenal dengan superheated steam (steam lewat jenuh).

2.6. Komponen- komponen Boiler

1. Furnace (Ruang bakar)

Furnace (ruang bakar) berfungsi sebagai tempat pembakaran bahan bakar. Bahan bakar dan udara dimasukkan ke dalam ruang bakar sehingga terjadi pembakaran.

2. Burner

Burner Pada prinsipnya burner adalah transduser yang berguna untuk membakar bahan bakar seefisien mungkin dan menghasilkan heat flux yang optimum.

3. Steam Drum

Steam drum merupakan tempat penampungan air panas dan pembangkitan steam. Steam masih bersifat jenuh (saturated).

4. Superheater

Superheater merupakan tempat pengeringan steam dan siap dikirim melalui main steam pipe dan siap untuk menggerakkan turbin steam atau menjalankan proses industri.

5. Kondensor

Kondensor berfungsi untuk mengkondensasikan steam dari turbin (steam yang telah digunakan untuk memutar turbin).

6. Safety valve

Komponen ini merupakan saluran buang steam jika terjadi keadaan dimana tekanan steam melebihi kemampuan boiler menahan tekanan steam.

7. Blowdown valve

Komponen ini merupakan saluran yang berfungsi membuang endapan yang berada di dalam pipa steam.

2.7. Proses Pembakaran

Pembakaran merupakan oksidasi cepat bahan bakar disertai dengan produksi panas, atau panas dan cahaya. Pembakaran sempurna bahan bakar terjadi hanya jika ada pasokan oksigen yang cukup. Dalam setiap bahan bakar, unsur yang mudah terbakar adalah karbon, hidrogen dan sulfur. Dalam proses suatu pembakaran jika tidak ada cukup oksigen, maka karbon tidak akan terbakar seluruhnya, contohnya sebagai berikut : $C + O_2 \rightarrow CO_2$ (Carbon terbakar sempurna) $2C + O_2 \rightarrow 2CO_2$ (carbon tidak terbakar sempurna) Tujuan dari pembakaran yang baik adalah melepaskan seluruh panas yang terdapat dalam bahan bakar.

2.7.1. Kebutuhan Udara Pembakaran

Dalam suatu pembakaran perbandingan campuran bahan bakar dan udara memegang peranan yang penting dalam menentukan hasil proses pembakaran. Rasio campuran bahan bakar dan udara dapat dinyatakan dalam beberapa parameter yang lazim antara lain AFR (Air Fuel Ratio), FAR (Fuel Air Ratio), dan Rasio Ekuivalen (ϕ).

2.8. Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada uji kinerja *Double Drum Cross Section Water Tube Boiler* adalah LPG. Berikut adalah pembahasan mengenai jenis bahan bakar tersebut.

2.8.1. LPG(liquified petroleum gas)

LPG (*liquified petroleum gas*) adalah campuran dari berbagai unsur hidrokarbon yang berasal dari gas alam atau kilang crude oil. Dengan menambah tekanan dan menurunkan suhunya, gas berubah menjadi cair. Komponennya didominasi propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}). Elpiji juga mengandung hidrokarbon ringan lain dalam jumlah kecil, misalnya etana (C_2H_6) dan pentana (C_5H_{12}). Sebagai bahan bakar, gas LPG mudah terbakar apabila terjadi

persenyawaan di udara (PT. Aptogas Indonesia, 2015) Rasio antara volume gas bila menguap dengan gas dalam keadaan cair bervariasi tergantung komposisi, tekanan dan temperatur, tetapi biasanya sekitar 250:1. Adapun spesifikasi LPG dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi LPG

<i>Description</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
(1)	(2)	(3)
<i>Specific Gravity at 60/60 °F</i>	<i>To be reported</i>	
<i>Vapour pressure 100°F psig</i>	-	120
<i>Weathering test at 36°F %Vol</i>	95	-
<i>Copper Corrosion 1 hrs 100 ° F</i>	-	ASTM No.1
<i>Total Sulphur, grains/100 cuft</i>	-	
<i>Water content</i>	<i>Free of water</i>	<i>Free of water</i>
<i>Komposisi :</i>		<i>D-2163 Test</i>
<i>C2 % vol</i>	-	0.2
<i>C5 + (C5 and heavier) % vol</i>	97.5	-
<i>thyl or Buthyl mercaptan added ml/100 AG</i>		50

(Sumber: Pertamina (2005))