BAB II
TIJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian boiler

Boiler merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan uap atau *steam* untuk berbagai keperluan. Jenis air dan uap air sangat dipengaruhi oleh tingkat efisiensi *boiler* itu sendiri. Pada mesin *boiler*, jenis air yang digunakan harus dilakukan demineralisasi terlebih dahulu untuk mensterilkan air yang digunakan, sehingga pengaplikasian untuk dijadikan uap air dapat dimaksimalkan dengan baik. Sumber: Djokosetyardj M.J (1990).

Boiler merupakan mesin kalor *(thermal engineering)* yang menstransfer energi – energi kimia atau energi otomis menjadi kerja atau usaha. (Muin 1988:28). *Boiler* atau ketel *steam* adalah suatu alat berbentuk bejana tertutup yang digunakan untuk menghasilkan *steam*. *Steam* diperoleh dengan memanaskan bejana yang berisi air dengan bahan bakar (Yohana dan Askhabulyamin 200:13). *Boiler* mengubah energi – energi kimia menjadi bentuk energi yang lain untuk menghasilkan kerja. *Boiler* dirancang untuk melakukan atau memindahkan kalor dari suatu sumber pembakaran, yang biasanya berupa pembakaran bahan bakar. Pada dasarnya terdiri dari drum yang tertutup ujung dan pangkalnya dan dalam perkembangannya dilengkapi dengan pipa api maupun pipa air. Banyak orang yang mengklasifikasikan ketel *steam* tergantung kepada sudut pandang masing – masing. Sumber : (Muin 1998 :8).

2.2 Macam macam Boiler.

Boiler adalah alat bantu diatas kapal yang digunakan untuk membuat uap panas, untuk memanasi berbagai kebutuhan diatas kapal disini ada 2 tipe *boiler* antara lain :

a. **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 terendam didalam air yang akan diuapkan. *Volume* air kira – kira ¾ dari tangki

ketel. Jumlah *pass* dari *boiler* tergantung dari jumlah laluan vertikal dari pembakaran diantara *furnace* dan pipa – pipa api. Laluan gas pembakaran pada *furnace* dihitung sebagai *pass* pertama *boiler* jenis ini banyak dipakai untuk industri pengolahan mulai skala kecil sampai skala menengah. Sumber: Raharjo dan Karnowo. 2008: 180). Dalam perancangan *boiler* ada beberapa faktor penting yang harus dipertimbangkan agar *boiler* yang

direncanakan dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang dibutuhkan. Faktor yang mendasari pemilihan jenis *boiler* adalah sebagai berikut :

a. Kapasitas yang digunakan.

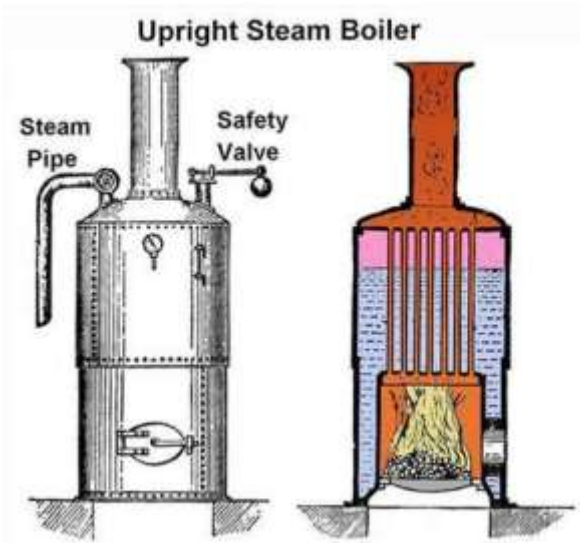
b. Kondisi *steam* yang dibutuhkan.

c. Bahan bakar yang dibutuhkan.

d. Konstruksi yang sederhana dan perawatan mudah.

e. Tidak perlu air isian yang berkualitas tinggi.

Kerugian ketel pipa api, tekanan *steam* hasil rendah, Kapasistas kecil, Pemanasan relatif lama. Prinsip aliran gas dalam ketel *steam* pipa api ada 3 macam : Kostruksi dua laluan (pass), konstruksi ini merupakan konstruksi ketel *scoth* yang mula – mula lorong api yang besar dibutuhkan untuk mendapatkan bidang – bidang pemanas yang luas. Konstruksi tiga laluan (pass), konstruksi ini gas asap melewati jalan yang lebih panjang sebelum meninggalkan cerobong, sehingga dapat menaikkan efisiensi kalor, akan tetapi tenaga yang dibutuhkan *draft fan* akan membesar akibat kerugian tekanan gas asap. Konstruksi empat laluan (pass), konstruksi ini merupakan unit yang mempunyai efisiensi yang lebih tinggi, karena jalan asap menjadi lebih panjang, maka tenaga *draft fan* menjadi lebih besar pula. Agar gas asap lebih tinggi dibuat ukuran pipa – pipa untuk pass – pass berikut yang lebih kecil. Untuk lebih jelas *boiler* pipa api tipe vertikal dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Boiler Vertikal Pipa api
Sumber : Raharjo dan Karnowo.2008:180)

2. Ketel Pipa Air

Adalah sebuah ketel di mana air *boiler* mengalir didalam pipa - pipa sedangkan di luarnya terdapat gas-gas pembakaran. Telah kita ketahui bahwa *boiler* harus di lengkapi dengan appendansi dan beberapa peralatan agar *boiler* dapat berjalan lancar dan untuk menjamin keamanan boiler. Sumber: Raharjo dan Karnowo.2008:180). Karakteristik water tube boilers sebagai berikut:

a. Forced, induced dan balanced draft membantu untuk meningkatkan efisiensi pembakaran.
b. Kurang toleran terhadap kualitas air yang dihasilkan dari plant pengolahan air.
c. Memungkinkan untuk tingkat efisiensi panas yang lebih tinggi.

Gambar 2.2
Boiler *Vertikal* Pipa air
Sumber : Raharjo dan Karnowo. 2008: 180)

2.3 Komponen- komponen Boiler.

Pada komponen *boiler* memiliki beberapa bagian yang dibedakan yaitu komponen utama yang mencakup apendansinya dan komponen penunjang yang bukan apendansinya antara lain :

a. *Furnace* (ruang bakar)

Berfungsi sebagai tempat pembakaran bahan bakar. Bahan bakar dan udara dimasukkan kedalam ruang bakar sehingga terjadi pembakaran. Dari pembakaran bahan

bakar dihasilkan sejumlah panas dan nyala api atau gas asap. Dinding ruang bakar umumnya dilapisi dengan pipa-pipa. Semakin cepat laju peredaran air, pendinginan dinding pipa bertambah baik dan kapasitas *steam* yang dihasilkan bertambah besar. *Furnace* harus memanaskan bahan sebanyak mungkin sampai mencapai suhu yang seragam dengan bahan bakar. Kunci dari operasi *furncace* yang efisien yaitu terletak pada pembakaran bahan bakar yang sempurna dengan udara berlebih yang minim. *Furnace* beroperasi dengan efesiensi yang relatif rendah (paling rendah 7%) dibandingkan dengan peralatan pembakaran lainnya seperti *boiler* (dengan efisiensi lebih dari 90%). Hal ini disebabkan oleh suhu operasi yang tinggi dalam *furnace*. Secara umum bentuk ruang bakar terdiri atas dua jenis yaitu : Berbentuk silinder, berbentuk kotak. Ruang bakar berbentuk silinder tegak, *tube* pada daerah radiasi dipasang secara *vertikal*. *Tube* yang satu dengan yang lainnya disambung dengan menggunakan U bend. *Burner* terletak pada bagian bawah, sehingga nyala api sejajar dengan tube dapur. Bentuk lantai adalah lingkaran, sedang *burner* dipasang di lantai dengan arah pancaran api *vertikal*. *Tube* di ruang pembakaran dipasang vertikal. *Furnace* jenis ini bisa didesain tanpa atau dengan ruang konveksi. Jenis *tube* yang dipasang di ruang konveksi bisa *bare tube, finned tube,* tetapi pada umumnya digunakan *finned tube* untuk mempercepat proses perpindahan panas karena konveksi. Sumber : Gray, W.A. and Muller, R (1974).

b. Stack (Cerobong asap).

Cerobong asap berfungsi untuk membuang gas asap yang tidak dipakai lagi ke udara bebas, untuk mengurangi polusi disekitar instalasi *boiler*, sehingga proses pembakaran dapat berlangsung dengan baik. Dengan cerobong asap pengeluaran gas asap dapat lebih sempurna. Sumber : (Raharjo dan Karnowo 2008: 180).

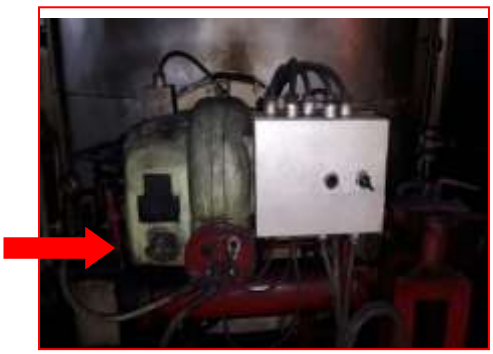
c. Burner.

Adalah suatu alat bantu pada *boiler* untuk mengabutkan bahan bakar untuk mendapatkan titik nyala guna proses pembakaran pada *boiler*. *Sumber : jeromy burner* .(2014).

Gambar 2.3 *Nozzel Burner*
Sumber : Mv.Tiga Roda 2017

d. One *Set Burner* .

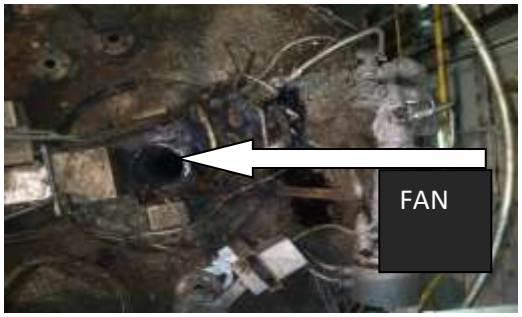
Adalah komponen - komponen yang saling berkaitan dan saling melengkapi antara satu dengan yang lainnya karena menjadi satu kesatuan yang bekerja bersama antara *burner, Fan, Nozzle*. Sumber : Sarju jupriono. (2017)



Gambar 2.4 *One Set Burner*
Sumber : Mv.Tiga Roda 2017

e. *Fan hole*.

Adalah Suatu lubang pada *boiler* untuk mendorong angin masuk, kedalam *boiler* dan digunakan untuk menekan *steam* supaya mengalir kesetiap sistem. Sumber : Schuyler Skaats Wheeler.



Gambar 2.5 *Fan hole*
Sumber : Mv.Tiga Roda 2017

f. Safety Valve.

Adalah suatu alat bantu pada *boiler valve* yang digunakan untuk melindungi peralatan dari tekanan yang berlebih dengan cara membuang tekanan *steam* berlebih sesuai dengan tekanan yang telah di *set* di *pressure safety valve. Sumber :* Rena Nozawa (2010).

Gambar 2.6 *Safety valve*
Sumber : Mv.Tiga Roda 2017

g. Manometer

Adalah suatu alat bantu pada *boiler* yang berfungsi untuk mengukur tekanan udara dalam ruang tertutup. Udara ternyata memberikan tekanan pada ruang tertutup. Sumber : Paramita dewi (2012).

Gambar 2.7 *Pressure Gauge*
Sumber : Mv.Tiga Roda 2017

h. Water Level Gauge

Adalah suatu alat bantu pada *boiler* yang berfungsi untuk mengetahui *level* air yang berada didalam *boiler*, dengan cara mengunakan tekanan vacum maka air digelas duga terisi. Sumber : Glass Arrow.

Gambar 2.8 *Gelas Duga*
Sumber : Mv.Tiga Roda 2017

i. Funnel Base Of ME Inlet

Adalah suatu bagian dari *boiler* yang berfungsi untuk tempat masuknya gas buang dari *Main Engine*, untuk membantu memanasi *boiler* ketika mesin kapal sudah berjalan. Sumber : Dwi widodo (1994).

j. Fannel Base Of ME Outlet

Adalah suatu bagian dari *boiler* yang berfungsi untuk tempat keluarnya gas buang dari *Main Engine* dan *boiler* menuju ke cerobong yang sudah tidak digunakan lagi. Sumber : Dwi widodo (1994).

B. Komponen Bantu

a. Kondensor

Kondensor adalah salah satu jenis mesin penukar kalor (heat exchanger) yang berfungsi untuk mengkondensasikan fluida kerja. Pada sistem tenaga uap, fungsi utama kondensor adalah untuk mengembalikan exhaust steam dari turbin ke fase cairnya agar dapat dipompakan kembali ke boiler dan digunakan kembali. Sumber : himawantriraharjo (2013).

Gambar 2.9 *Condensor*
Sumber : Mv.Tiga Roda 2017

b. Fresh Water Pump

Adalah suatu pesawat bantu yang berukuran besar yang digunakan untuk memompa air umpan ke dalam boiler steam, yang awal nya air tersebut berada didalam casecade tank jenis pompa ini adalah sentrifugal. Sumber : Tofan hakim (2010).

Gambar 2.10 pompa
Sumber:Mv.Tiga Roda 2017

c. Casecade

Adalah tempat penampungan air untuk pengisin *boiler* dan juga tempat penampungan air yang balik setelah melalui *condensor*, dan begitu seterusnya karena bekerja sesuai system.

Gambar 2.11 *casecade*
Sumber : Mv.Tiga Roda 2017

2.4 Prinsip Kerja

Boiler atau ketel uap, adalah suatu perangkat mesin yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap. Proses perubahan air menjadi uap terjadi dengan memanaskan air yang berada didalam pipa-pipa dengan memanfaatkan panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Pembakaran dilakukan secara kontinyu didalam ruang bakar dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar. Sumber : Sutini Pujiastuti Lestari, (2011).

Uap yang dihasilkan *boiler* adalah uap *superheat* dengan tekanan dan t*emperature* yang tinggi. Jumlah produksi uap tergantung pada luas permukaan pemindah panas, laju aliran, dan panas pembakaran yang diberikan. *Boiler* yang konstruksinya terdiri dari pipa - pipa berisi air disebut dengan *water tube boiler*. Dengan media air, *boiler* bekerja mengunakan siklus sistem air dimana tiap siklus mempunyai kharakternya masing – masing. Siklus Air di *Boiler* Siklus air merupakan suatu mata rantai rangkaian siklus fluida kerja. *Boiler* mendapat pasokan fluida kerja air dan menghasilkan uap untuk dialirkan ke turbin. Air sebagai fluida kerja diisikan ke *boiler* menggunakan pompa air pengisi dengan melalui *economiser* dan ditampung didalam *steam* drum. *Economiser* adalah alat yang merupakan pemanas air terakhir sebelum masuk kedrum. Di dalam *economiser* air menyerap panas gas buang yang keluar dari superheater sebelum dibuang ke atmosfir melalui cerobong. Peralatan yang dilalui dalam siklus air adalah drum *boiler*, *Down comer*, *Header* bawah (*bottom header*), dan *riser*. Siklus air di *steam* drum adalah, air dari drum turun melalui pipa - pipa *down comer* ke *heade*r bawah (*bottom header*). Dari *header* bawah air didistribusikan ke pipa-pipa pemanas (*riser*) yang tersusun membentuk

dinding ruang bakar *boiler*. Di dalam *riser* air mengalami pemanasan dan naik ke drum kembali akibat perbedaan *temperature*. Perpindahan panas dari api (*flue gas*) ke air di dalam pipa-pipa *boiler* terjadi secara radiasi, Konveksi dan konduksi. Akibat pemanasan selain *temperature* naik hingga mendidih juga terjadi sirkulasi air. Sumber : Sutini Pujiastuti Lestari, (2011).

Secara alami, yakni dari drum turun melalui *down comer* ke *header* bawah dan naik kembali ke drum melalui pipa - pipa riser. Adanya sirkulasi ini sangat diperlukan agar terjadi pendinginan terhadap pipa - pipa pemanas dan mempercepat proses perpindahan panas. Kecepatan sirkulasi akan berpengaruh terhadap produksi uap dan kenaikan tekanan serta temperaturnya. Selain sirkulasi alami, juga dikenal sirkulasi paksa (*forced circulation*). Untuk sirkulasi jenis ini digunakan sebuah pompa sirkulasi (*circulation pump*), umumnya pompa sirkulasi mempunyai laju sirkulasi sekitar 1,7 artinya jumlah air yang disirkulasikan 1,7 kali kapasitas penguapan.

Beberapa keuntungan dari sistem sirkulasi paksa antara lain :

1. Waktu *start* (pemanasan) lebih cepat.
2. Mempunyai respon yang lebih baik dalam mempertahankan aliran air ke pipa- pipa pemanas pada saat *start* maupun beban penuh.
3. Mencegah kemungkinan terjadinya stagnasi pada sisi penguapan.

Energi kalor yang dibangkitkan dalam sistem *boiler* memiliki nilai tekanan, *temperature*, dan laju aliran yang menentukan pemanfaatan *steam* yang akan digunakan. Berdasarkan ketiga hal tersebut sistem *boiler* mengenal keadaan tekanan - *temperature* rendah (*low pressure/LP*), dan tekanan-*temperature* tinggi (*high pressure/H*P), 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 sistem *boiler* tersebut, yang memanfaatkan tekanan *temperature* tinggi untuk membangkitkan energi listrik, kemudian sisa *steam* dari turbin dengan keadaan tekanan *temperature* rendah dapat dimanfaatkan ke dalam proses industri dengan bantuan *heat recovery boiler*.

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 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 *boiler. Steam* dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan *steam* diatur menggunakan kran 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 sistem. Sumber : Sutini Pujiastuti Lestari, (2011).

1. Berdasarkan peredaran air ketel (*water circulation)*

a. Ketel dengan peredaran alam *(natural circulation steam boiler*)

Pada *natural circulation boiler*, peredaran air dalam ketel terjadi secara alami yaitu air yang ringan naik, sedangkan terjadilah aliran aliran konveksi alami. Umumnya ketel beroperasi secara aliran alami, Seperti ketel *lancashire, babcock dan wilcox.*

b. Ketel dengan peredaran paksa (*forced circulation steam boiler*)

Pada ketel dengan aliran paksa, aliran paksa diperoleh dari sebuah pompa *centrifugal* yang digerakkan dengan elektrik motor misalnya *la-mont boiler, benson boiler, loeffer boiler* dan *velcan boiler.*

2. Bedasarkan tekanan kerjanya.

Tekanan kerja rendah kurang dari 5atm, Tekanan kerja sedang 5-40atm, Tekanan kerja tinggi 40-80atm, Tekanan kerja sangat tinggi kurang dari 80atm

3. Berdasarkan kapasitasnya

Kapasitas rendah kurang dari 2500kg/jam, Kapasitas sedang 2500-5000, Kapasitas tinggi lebih dari 5000kg/cm2.

4. Berdasarkan pada sumber panasnya *(heat source*)
   a. Ketel uap dengan bahan bakar alami.
   b. Ketel uap dengan bahan bakar buatan.
   c. Ketel uap dengan dapur listrik.
   d. Ketel uap dengan energi nuklir.

5. Spesifikasi ketel uap.

TABEL 2.1

Tabel *Particullar boiler*

MANUFACTURING	OSAKA BOILER MFG.CO.LTD
TYPE	COMPOSITE SYSTEM VERTICAL TYPE HORIZONTAL SMOKE TUBE BOILER
RULE	KR
DESIGN PRESSURE	8,0 KG/CM2
NORMAL WORKING PRESSURE	7,0 KG/CM2
SAFETY VALVE SET PRESSURE	8.2 KG/CM2
HYDR. TEST PRESSURE	12,0 KG/CM2
EVAPORATION AT M.C.R	600KG/HR

Sumber : *Manual book boiler* Mv.Tiga Roda 2017