

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori *Boiler*

Boiler merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menghasilkan *steam* (uap) dalam berbagai keperluan. Air di dalam *boiler* dipanaskan oleh panas 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. (Djokosetyardjo, M.J. 1990).

Air yang digunakan pada proses pengolahan dan air pengisi *boiler* diperoleh dari air sungai, air waduk, sumur bor dan sumber mata air lainnya. Kualitas air tersebut tidak sama walaupun menggunakan sumber air sejenis, hal ini dipengaruhi oleh lingkungan asal air tersebut. Sumber mata air sungai umumnya sudah mengalami pencemaran oleh aktivitas penduduk dan kegiatan industri, oleh sebab itu perlu dilakukan pemurnian. (Santika, Sri. 1984).

Suatu kenyataan bahwa sampai saat ini masih banyak kapal-kapal yang menggunakan instalasi tenaga uap, baik itu instalasi induk maupun untuk penggunaan pesawat bantu. Di kapal uap hasil dari *boiler* tersebut biasanya di gunakan sebagai pemanas, baik pemanas bahan bakar, pemanas ruangan, pemanas air, pemanas kargo ataupun untuk keperluan yang lain sehingga operasional kapal dapat berjalan lancar. *Boiler* atau boleh juga kita sebut juga dengan ketel uap adalah sebuah bejana tertutup yang dapat membentuk uap dengan tekanan lebih besar dari satu atmosfer dengan jalan memanaskan air ketel uap yang berada di dalamnya dengan gas-gas panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Sebuah *boiler* atau ketel uap harus di lengkapi peralatan dapat membantu kinerjanya sehingga operasional ketel uap berjalan dengan aman. *Boiler* di dalam kamar mesin sebuah kapal merupakan salah satu dari beberapa pesawat bantu yang ada di kapal. Fungsi *Boiler* adalah sebuah bejana tertutup, yang dapat membentuk uap dengan tekanan lebih dari 1 atmosfer, yaitu dengan jalan memanaskan air *boiler* yang ada

di dalamnya dari gas-gas panas dari hasil pembakaran. *Boiler* pada kapal terdapat dua jenis, yaitu :

1. *Boiler* pipa api dimana proses pengapian terjadi di dapur api, kemudian panas yang dihasilkan dihantarkan langsung ke dalam pipa-pipa *boiler* untuk memanaskan air *boiler*.
2. *Boiler* pipa air dimana proses pengapian terjadi diluar pipa, kemudian panas yang dihasilkan memanaskan pipa yang berisi air , dimana didalam pipa air ini air yang mengalir harus dikondisikan terhadap mineral atau kandungan lainnya yang larut terhadap air tersebut.

2.2 Jenis-jenis ketel uap

2.2.1 Pembagian Menurut Konstruksinya

Menurut Firman Ferdiansyah, STP ketel memiliki prinsip kerja sebagai penghasil uap dengan cara memanasi air yang ada di sistem dan gas panas hasil pembakaran bahan bakar. Ketel yang bekerja dengan se efisien mungkin supaya dapat menghasilkan uap yang banyak dengan menggunakan pemakaian bahan bakar yang seminimal mungkin. Pada konstruksi ketel harus berfungsi dengan baik dengan sedemikian sehingga panas dari bahan bakar dapat menghasilkan banyak uap dan agar dapat diserap oleh air *boiler* guna mendapat menghasil uap maksimal. Untuk mendapat uap yang maksimal maka konstruksi ketel dibuat dari susunan pipa-pipa yang memisahkan antara air dan gas-gas panas yang memanaskan air tersebut maka dapat di lihat dari kedudukan pipa *boiler* yang disusun dengan pembagian pemasangan antara dibagi menjadi :

1. Horizontal contoh : *B & W Seksi*
2. Vertikal contoh : *Foster Wheeler*
3. Miring contoh : *B & W Integral*

2.2.2 Dilihat dari aliran zat yang di dalam pipanya *boiler* dibagi menjadi dua golongan antara lain :

1. Ketel Pipa Api.

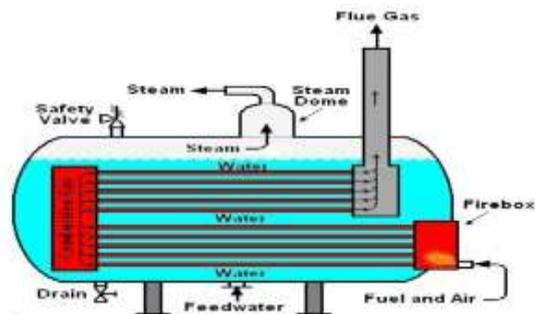
Menurut Frman Ferdiansyah, STP ada ketel ini gas-gas yang di panaskan dapat mengalir di dalam pipa, sedangkan pada proses kerjanya air yang dipanasi berada di luar pipa dengan dimasudkan cara kerja *boiler* pipa api mempunyai keuntungan dan kerugian antara lain:

a. Keuntungan ketel pipa api :

- a) Kontruksi *boiler* sederhana.
- b) Biaya awal murah
- c) Baik untuk kapasitas uap yang besar
- d) Tidak bermasalah terhadap terhadap fluktuasi beban karena kapasitas uap cukup besar dan jumlah air didalam tangki banyak.

b. Kerugian ketel pipa api :

- a) Membutuhkan waktu *start* yang cukup lama untuk mendapatkan kualitas uap yang diinginkan.
- b) Hanya dapat dipakai efisien untuk keperluan dengan kapasitas dan tekanan uap yang rendah.



Gambar 1 Ketel pipa api

Sumber : Frman Ferdiansyah, ST. (1998) ketel pipa api

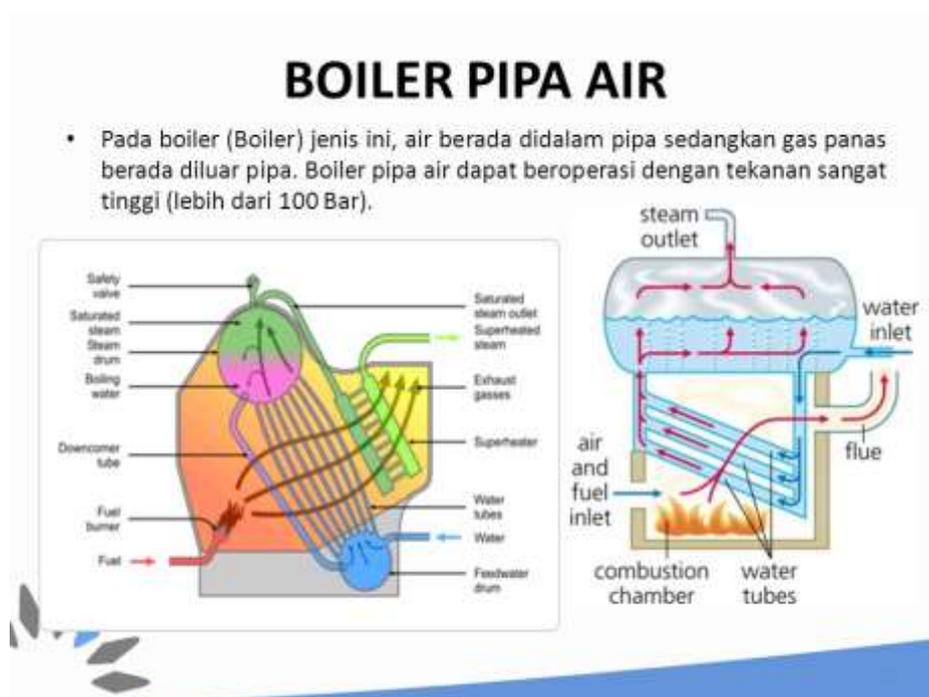
2. Ketel Pipa Air.

Menurut Firman Ferdiansyah, STP ada ketel ini memiliki proses kerja dengan cara air ketel yang mengalir di dalam pipa sedangkan gas-gas pemanasnya terdapat di luar pipa. Kondisi yang ada ketel-ketel pipa air ini lebih pesat perkembangannya dengan ketel pipa api, dapat di uraikan dua kekurangan dan kerugian antara lain:

a. Keuntungan ketel pipa air :

- a) Menghasilkan uap dengan tekanan lebih tinggi dari pada ketel pipa api.

- b) Untuk daya yang sama, menempati ruang atau tempat yang lebih kecil dari pada ketel pipa api.
 - c) Laju aliran uap lebih tinggi.
 - d) Komponen-komponen yang berbeda bisa diurai sehingga mudah untuk dipindahkan.
 - e) Permukaan pemanasan lebih efektif karena gas panas mengalir keatas pada arah tegak lurus.
 - f) Pecah pada pipa air tidak menimbulkan kerusakan ke seluruh ketel.
- b. Kerugian ketel pipa air :
- a) Kontruksi rumit dan biaya awal mahal.
 - b) Peka terhadap fluktuasi beban karena jumlah air dan kapasitas uap kecil.
 - c) Di karenakan diameter pipa-pipa air yang kecil maka sulit untuk dibersihkan dari dalam maka untuk itu perlu air pengisi yang sangat bersih
- Contohnya : 1. Ketel *Schots*
2. Ketel *Cochran*



Gambar 2 Ketel pipa air

Sumber : Frman Ferdiansyah, ST. Ketel pipa air (1998)

3. Ketel Gabungan Pipa Api dan Pipa Air.

Pada ketel ini terdapat dua macam jenis pipa, yaitu pipa api dan pipa air. Konstruksinya pada umumnya seperti Ketel *Schots*. dan nampaknya dibuatnya ketel ini adalah untuk memperbaiki kekurangan yang terdapat pada Ketel *Schots*, seperti kurang baiknya sirkulasi air di dalam *boiler*.

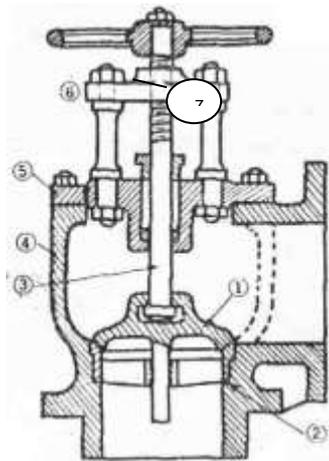
2.3 Komponen dan kelengkapan *boiler*

2.3.1 Komponen *boiler*

Sebelum mengerti cara kerjanya, penting untuk mengetahui apa saja yang menyusun sebuah *boiler*. Karena sebagai penghasil uap, di butuhkan komponen yang mendukung kerjanya. Komponen *boiler* adalah sebagai berikut :

1. Katup uap induk (*steam stop valve*)

Katup ini mengalirkan uap dari ketel. Ada katup uap utama untuk mengalirkan uap kemesin induk dan katup uap bantu bagi mesin-mesin bantu. Gambar 3 menunjukkan katup uap induk.



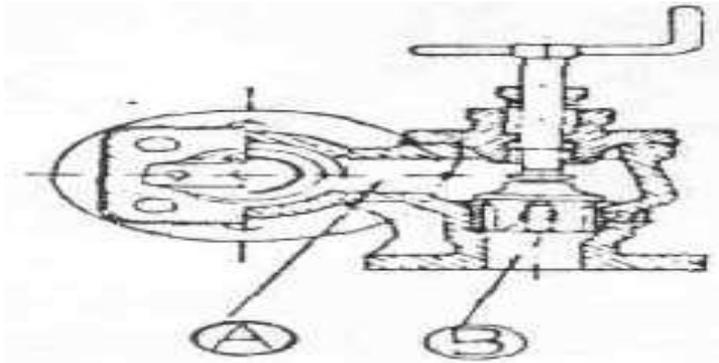
- (1). Klep (*Valve*)
- (2). Dudukan klep (*Valve seat*)
- (3). Batang klep (*Valve rod*)
- (4). Badan klep (*Valve body*)

Gambar 3 Katup uap induk

Sumber : Ekosumardiono.(2013/04). Katup uap induk

2. Katup pengisian (*Feed Water valve*)

Adalah katup yang mengatur jumlah air yang di isikan ke ketel. Selain katup air (*water stop valve*) juga terdapat katup pengatur pengisian (*feed check valve*) untuk mencegah aliran balik dari ketel. Gambar 4 menunjukkan katup pengisian.

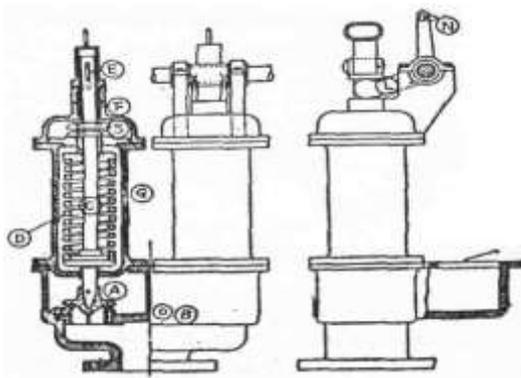


Gambar : 4 Katup Pengisian

Sumber : Ekosumardiono.(2013/04). Katup pengisi air

3. Katup Keamanan (*Safety Valve*)

Merupakan katup untuk memelihara keamanan ketel dengan cara melepaskan uap secara otomatis jika tekanan uap dalam ketel melampaui nilai yang di tentukan. Gambar 5, memperlihatkan sebuah katup keamanan.



A. Klep (*Valve*)

B. Lobang Aliran (*Drain Hole*)

C. Jarum Klep (*Valve Spindle*)

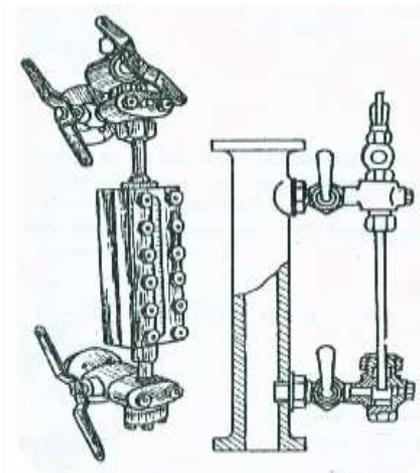
D. Per (*Spring*)

Gambar : 5 Katup Keamanan

Sumber : Ekosumardiono.(2013/04). Katup keamanan

4. Gelas penduga (*water gauge*).

Merupakan alat untuk menunjukkan tinggi permukaan air dalam ketel. Ada berbagai jenis. Jika permukaan air dalam ketel terlalu rendah, permukaan pemanas akan terlalu panas sehingga berbahaya. Sebaliknya jika terlalu tinggi, uap akan tercampur tetes-tetes air sehingga mengganggu jalannya mesin. Karena itu, permukaan air harus dijaga berada pada tinggi yang normal.



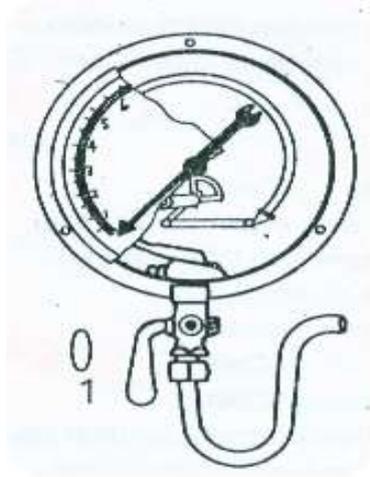
Gambar. 6 Gelas pen

Gambar . 6 Gelas penduga

Sumber : Ekosumardiono.(2013/04). Gelas penduga

5. Pengukur tekanan (*preassure gauge*)

Merupakan alat untuk menunjukkan tekanan uap dalam ketel. Pada umumnya, digunakan pengukur tabung *bourdon* seperti yang terlihat dalam gambar.7



Gambar : 7 Pengukur tekanan.

Sumber : ekosumardiono.(2013/04). Pengukur tekanan

6. Burner

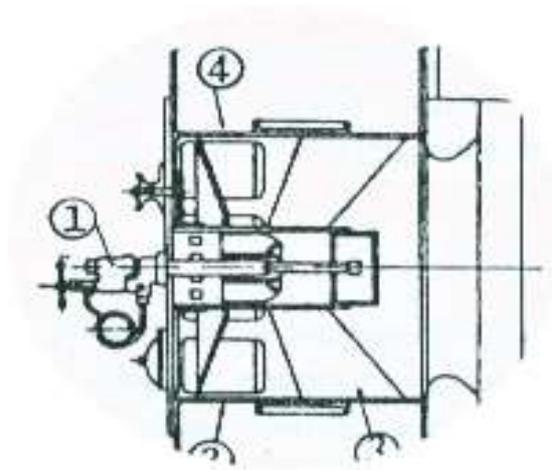
Burner adalah komponen yang penting dalam proses penguapan air menjadi *steam*. *Burner* juga menguraikan minyak dan menyemprotkannya ke dalam tungku untuk dibakar. *Burner* ini di bagi menjadi 2 antara lain :

a. Pilot burner

digunakan sebagai pembakaran awal pada saat *start boiler* untuk mengaktifkan ketika *main burner* menyemprotkan bahan bakar. *Pilot burner* hanya bekerja beberapa saat saja, karena ketika *main burner* sudah terjadi pembakaran, maka *photo cell* akan memberi sinyal ke *controller* untuk mematikan *pilot burner*. Bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran pada *pilot burner* harus menggunakan *Diesel oil*.

b. Main Burner

Main burner adalah bagian terpenting dalam proses terjadinya penguapan air menjadi *steam*, karena kualitas nyala api pada *main burner* sangat berpengaruh terhadap persentase produksi uap. Untuk itu kebersihan *nozzel* pada *main burner* harus selalu diperhatikan untuk menjamin terjadinya pembakaran yang sempurna. Kualitas pembakaran dapat kita lihat melalui *eyeflame* untuk menentukan kondisi pembakaran pada *main burner* tersebut.



- (1) Pembakar (*Burner*)
- (2) Udara (*Air*)
- (3) Sudu (*Guideblade*)

Gambar : 8 *Burner*

Sumber : Ekosumardiono.(2013/04).*burner*

7. *Manometer*

Alat ini untuk menunjukkan dan mengetahui tekanan uap sambungan yang berada dalam sebuah ketel dengan jelas dan tepat, dengan adanya *manometer* ini pengoperasian *boiler* akan lebih aman.



Gambar 9 *Manometer*

Sumber: groundfos.(2012/01). *Manometer*

8. Katup *Blow down*

Untuk mengeluarkan sebagian atau seluruhnya air *boiler* untuk membuang kotoran yang mengendap di bagian bawah *boiler* dengan tujuan untuk menjaga kualitas air *boiler* agar tetap dalam keadaan bersih.

9. *Gauge Board* (Papan Pengukur)

Gauge board digunakan untuk mengontrol kerja *main burner*, untuk memberi alarm atau trip saat tekanan uap turun terlalu rendah dibawah *set point* nya atau tekanan steam meningkat terlalu tinggi diatas *set point*. Jadi apa bila tekanan uap terlalu rendah maka *alarm* akan aktif, bila alarm tidak ditindak lanjuti maka *boiler* akan *trip* untuk mencegah terjadinya tekanan *vacuum* didalam *steam drum* yang dapat merusak materinya. Demikian pula pada saat tekanan uap didalam *steam drum* terlalu tinggi, *boiler* juga akan *trip* untuk mencegah terjadinya *over pressure* atau ledakan pada *boiler*.

10. *Boiler water drum*

Boiler water drum berada didalam *body boiler* bagian bawah yang digunakan untuk menampung air sebelum diubah menjadi uap.



Gambar 10 *Water drum*

Sumber : *boilerlicense*.(2011/06). *Water drum*

2.3.2 Kelengkapan *boiler*

Selain harus mengerti cara kerjanya, penting juga untuk mengetahui apa saja perlengkapan yang ada pada *boiler*. Supaya mempermudah saat mengoperasikannya. Berbagai katup dan alat-alat dipasang pada *boiler* adalah sebagai berikut:

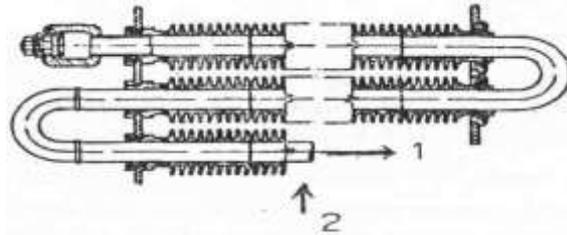
1. Pemanas lanjut (*superheater*).

Merupakan suatu alat untuk menghasilkan uap pemanasan lanjut dengan memanaskan uap jenuh yang dibangkitkan didalam ketel. Pemanas lanjut terdiri dari tabung-tabung dan *headers*. Tiap pipa dibengkokkan dalam bentuk U dan kedua ujungnya disambung pada *header*. Pipa-pipa pemanas lanjut ketel tabung disusun di antara kelompok pipa air. Dalam mesin uap, penggunaan uap pemanasan lanjut memberikan keuntungan-keuntungan seperti efisiensi panas yang lebih tinggi dan berkurangnya arus dan karat oleh air. Karena itu, ketel utama biasanya dilengkapi pemanas lanjut.

2. *Economizer*

Merupakan alat untuk memanaskan air pengisi sebelum masuk ke ketel dengan memanfaatkan panas gas bekas. Gambar 11. memperlihatkan contoh konstruksi alat

economizer. Jika perbedaan temperatur air pengisian dan air dalam ketel lebih kecil membuat pemakaian bahan bakar lebih hemat dan panas yang hilang ke udara dikurangi sehingga efisiensi panas *boiler* lebih tinggi. Selain itu peredaran suhu antara bagian–bagian *boiler* juga berkurang dan membuat ketel lebih aman.



Gambar: 11 Economizer.

Sumber : Ekosumardiono.(2013/04). Economizer

3. Pemanas udara pendahulu (air *preheater*)

Adalah suatu alat untuk memanaskan udara sebelum dikirim ketungku untuk pembakaran. Alat ini bekerja dengan memampatkan sisa panas gas bekas dan digunakan secaraluas. Dengan memanaskan udara untuk pembakaran terlebih dahulu, jumlah panas yang dibutuhkan untuk mencapai titik bakar dapat dikurangi dan sejumlah besar bahan bakar dapat terbakar sempurna.

4. Saringan

Saringan ini berfungsi menyaring kotoran yang terkandung dalam minyak. Ada dua saringan, satu ditempatkan dimuka pompa pembakaran minyak dan yang satu lagi belakang pemanas minyak.

5. Pompa *brander* (oil *burning pump*)

Pompa untuk memberikan tekanan bagi penguraian minyak. Ada dua pompa tetapi yang satu sebagai pompa pengganti.

6. Pompa Vakum *condensor* (Condenser Vacuum Pump)

Pompa vakum pada *condensor* berfungsi untuk menghisap gas-gas yang tidak dapat terkondensasi yang mungkin ada di dalam *condensor*. Gas-gas tersebut bercampur dengan uap air, dan karena sifatnya yang *uncondensable* atau tidak dapat terkondensasi dan dapat mengurangi kinerja *condensor* maka harus dikeluarkan dari *condensor*.

7. Turbin Uap

Uap air yang masuk ke dalam *boiler* berasal dari turbin uap, uap air yang sudah mengalami penurunan tekanan dan entalpi yang terkandung masuk ke dalam *condensor*. Uap air ini sudah mencapai tekanan 0 bar absolut, artinya memiliki tekanan vakum di bawah tekanan atmosfer tetapi masih *berfase* uap sebab panas laten yang terkandung di dalamnya masih akan di serap *condensor* oleh media pendingin.

8. Soot blower (penghembus jelaga)

Jelaga dan abu sering menempel pada permukaan pemanas ketel dan mengganggu pemancar panas dan *ventilasi* penghubung jelaga berfungsi membersihkan jelaga dan abu dari permukaan panas. Alat ini bekerja dengan tiupan uap pembersih jelaga dijalankan sewaktu-waktu sementara pembakaran berjalan agar permukaan pemanas tetap bersih.

9. Funnel base of M.E inlet

Suatu bagian dari *boiler* yang berfungsi untuk tempat masuknya gas buang dari *Main Engine*. Bagian ini terdiri dari sebuah *cover* baja yang dilengkapi sebuah *gasket* untuk memastikan kerapatannya.



Gambar 12. *Funnel base of ME inlet*

Sumber : Firman Ferdiansyah, ST, *funnel base of ME*(1998)

10. *Funnel Base Of ME Outlet*

Suatu bagian dari *boiler* yang berfungsi untuk tempat keluarnya gas buang dari *Main Engine* dan dari *boiler* menuju ke cerobong.



Gambar 23. *Funnel base of ME outlet*

Sumber : Firman Ferdiansyah, ST, *funnel base of ME*(1998)

11. *Feed pump*

Pompa yang digunakan untuk mensuplai air guna di panaskan didalam *boiler* untuk dirubah menjadi uap. *Feed pump* memompa air *boiler* yang sudah menjadi *condensate water* di dalam *cascade tank* menuju *boiler* dengan pemasukan yang diatur oleh *automatic regulating valve* yang dapat mengontrol jumlah pemasukan air sesuai dengan kebutuhan air dan uap yang harus diproduksi. Pompa yang digunakan untuk air *boiler* adalah pompa jenis *sentrifugal* dengan tiga *impeller* atau yang sering disebut dengan *tree stages centrifugal pump*. Karena dalam hal ini dibutuhkan tekanan yang tinggi dan kapasitas yang besar.

2.4 Cara Kerja Boiler

Pada dasarnya prinsip kerja dari sebuah *boiler* adalah jika air dipanaskan pada tekanan satu atmosfer, suhunya akan berangsur-angsur naik sampai 100° C. Tetapi pemanasan lebih lanjut tidak akan menaikkan suhu lebih tinggi. Air akan mendidih dan yang ditambahkan itu seluruhnya terpakai untuk membangkitkan uap. Jadi tekanan uap yang dihasilkan adalah 1 atmosfer dan suhunya 100°C. Akan tetapi, jika air dipanaskan pada tekanan lebih besar dari pada 1 atmosfer, suhunya akan naik sampai lebih tinggi dari pada 100°C dan air akan mendidih pada suhu yang sebanding dengan tekanannya. Sesudah mendidih, suhu tidak akan meningkat oleh pemanasan lanjut dan semua panas hanya dipakai membentuk uap. Suhu tertentu yang sebanding tekanan disebut suhu jenuh (*saturation temperatur*) dan tekanannya disebut tekanan jenuh (*saturation pressure*). Antara suhu jenuh dan tekanan jenuh terdapat hubungan yang pasti sehingga jika tekanan diketahui, suhu jenuh yang sebanding sudah tentu ada. Demikian pula jika suhu diketahui, tekanan jenuh yang sebanding juga diketahui. Uap yang dibangkitkan pada tekanan jenuh dan suhu jenuh disebut uap jenuh (*saturated steam*). Memperlihatkan hubungan antara tekanan dan suhu uap jenuh. Uap jenuh biasanya mengandung sejumlah air sehingga disebut uap jenuh basah, uap yang sarna sekali tidak mengandung air (karena telah menguap semua) disebut uap jenuh kering. Jika uap jenuh kering dipanaskan lebih lanjut pada tekanan jenuh, suhunya akan naik melebihi suhu jenuh disertai penambah volume

uap ini disebut uap pemanasan lanjut (*super heater steam*), panas yang di tambah untuk menaikkan suhu sampai titik didih disebut panas nyata dan panas yang di tambahkan sesudah titik didih tercapai dan dipakai untuk membangkitkan uap disebut panas laten (*latent heat*).

2.5 Sejarah Singkat KM. AMARILIS INDAH

KM. AMARILIS INDAH merupakan kapal berjenis *Cargo Ship* salah satu kapal milik PT. Pelayaran Inti Internasional dengan panjang keseluruhan 108,50 meter. *Gross register tonnage* 3885 Tons, dengan kekuatan mesin penggerak utama 3800 HP. Penelitian dilaksanakan saat penulis melaksanakan proyek laut, tanggal 16 april 2015 sampai dengan tanggal 18 april 2016 di KM. Amarilis Indah. Kondisi KM. Amarilis Indah tergolong cukup baik diantara kapal-kapal lain milik PT. Pelayaran Inti Internasional operasional kapal ini terbilang lancar. Kapal ini ber *home base* di pelabuhan kendal. Selama penulis melaksanakan praktek, banyak sekali ditemukan kasus-kasus pemuatan yang kurang optimal yang disebabkan oleh kebocoran pipa karena korosi air ketel, oleh sebab itu dalam kesempatan ini dan melalui karya tulis ini akan penulis bahas tentang upaya penanggulangan perawatan *boiler* yang disebabkan oleh kurangnya pengetahuan dan keterampilan awak kapal dalam perawatan *boiler* sangatlah penting karena bisa meningkatkan kinerja suatu mesin induk bisa bekerja dengan maksimal dan bisa meringankan pengeluaran operasional di KM. Amarilis Indah, dengan berbagai kasus kerusakan yang penulis temukan selama praktek. Pada dasarnya prinsip kerja dari sebuah *boiler* adalah jika air dipanaskan pada tekanan satu atmosfer, suhunya akan berangsur-angsur naik sampai 100° C. Tetapi pemanasan lebih lanjut tidak akan menaikkan suhu lebih tinggi. Air akan mendidih dan yang ditambahkan itu seluruhnya terpakai untuk membangkitkan uap. Jadi tekanan uap yang dihasilkan adalah 1 atmosfer dan suhunya 100°C. Akan tetapi, jika air dipanaskan pada tekanan lebih besar dari pada 1 atmosfer, suhunya akan naik sampai lebih tinggi dari pada 100°C dan air akan mendidih pada suhu yang sebanding dengan tekanannya. Sesudah mendidih, suhu tidak akan meningkat oleh pemanasan lanjut dan semua panas hanya dipakai membentuk uap.

Demikian pula jika suhu diketahui, tekanan jenuh yang sebanding juga diketahui. Uap yang dibangkitkan pada tekanan jenuh dan suhu jenuh disebut uap jenuh (*saturated steam*). Memperlihatkan hubungan antara tekanan dan suhu uap jenuh. Uap jenuh biasanya

mengandung sejumlah air sehingga disebut uap jenuh basah, uap yang sama sekali tidak mengandung air (karena telah menguap semua) disebut uap jenuh kering. Jika uap jenuh kering dipanaskan lebih lanjut pada tekanan jenuh, suhunya akan naik melebihi suhu jenuh disertai penambah *volume* uap ini disebut uap pemanasan lanjut (*super heated steam*), panas yang di tambah untuk menaikkan suhu sampai titik didih disebut panas nyata dan panas yang di tambahkan sesudah titik didih tercapai dan dipakai untuk membangkitkan uap disebut panas laten (*latent heat*).