

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Boiler

2.1.1 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.



Gambar 2.1. Ketel uap

2.1.2 Jenis-jenis ketel uap

a. Pembagian Menurut Konstruksinya

Firman Ferdiansyah, ST Ketel memiliki prinsip kerja sebagai penghasilan uap dengan cara memanasi air yang ada di sistem dan gas panas hasil pembakaran bahan bakar. Ketel yang bekerja dengan seefisien 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 ketel 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 Dilihat dari kedudukan pipa ketel 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*

b. Dilihat dari aliran zat yang di dalam pipanya ketel dibagi menjadi dua golongan antara lain :

1. Ketel Pipa Api.

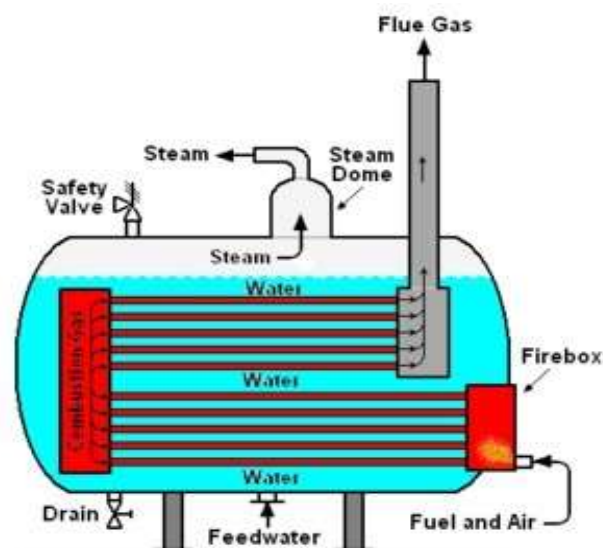
Menurut Frman Ferdiansyah, ST Pada ketel ini gas-gas yang di panaskan dapat mengalir di dalam pipa, sedangkan pada proses kerjanya air yang dipanasi berada di luar pipa dengan dimasukkan cara kerja ketel pipa api mempunyai keuntungan dan kerugian antara lain:

a. Keuntungan ketel pipa api :

- a) Kontruksi ketel 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 2.2 Ketel pipa api

Sumber : Frman Ferdiansyah, ST, perawatan ketel uap (1998)

2. Ketel Pipa Air.

Menurut Frman Ferdiansyah, ST Pada ketel ini memiliki proses kerja dengan cara air ketel yang mengalir di dalam pipa sedangkan gas-gas pemanasnya terdapat di luar pipa. Peng kondisisi 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 :

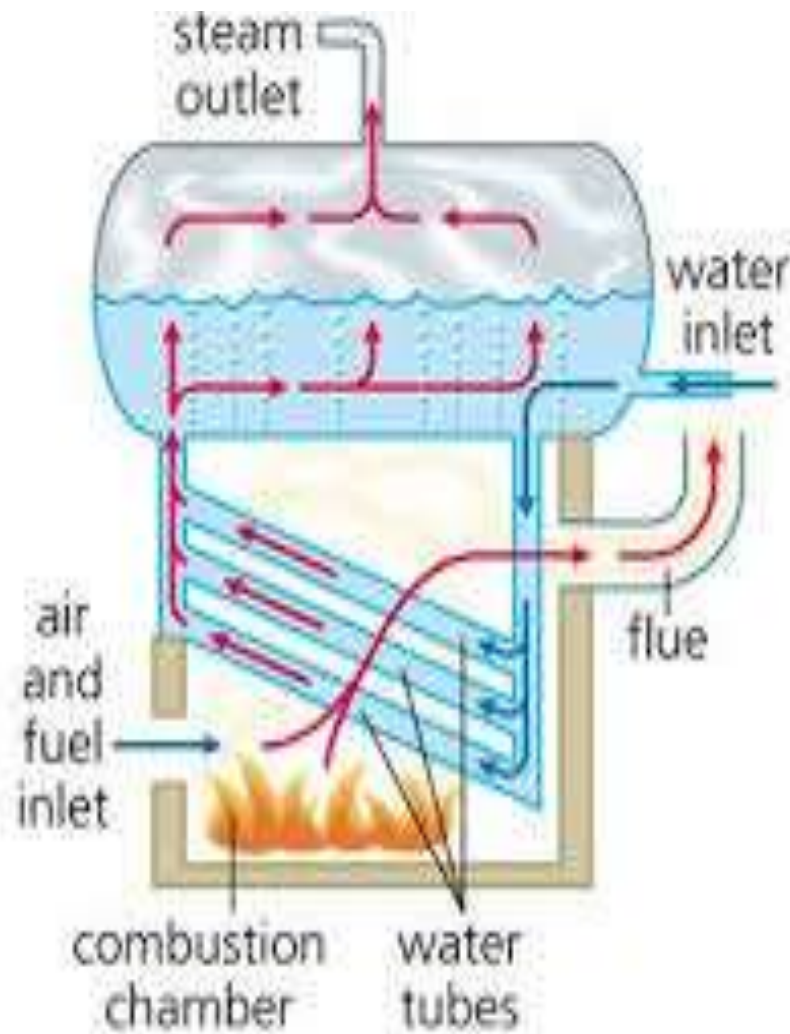
- a) Menghasilkan uap dengan tekanan lebih tinggi dari pada ketel pipa api.
- b) Untuk daya yang sama, menempati ruang/tempat yang lebih kecil daripada ketel pipa api.
- c) Laju aliran uap lebih tinggi.
- d) Komponen-komponen yang berbeda bisa diurai sehingga mudah untuk dipindahkan.
- e) Permukaan pemanasan 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) 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 2.3 Ketel pipa air

Sumber : Frman Ferdiansyah, ST, perawatan ketel uap (1998)

3. Ketel Gabungan Pipa Api dan Pipa Air.

Pada ketel ini terdapat dua macam jenis pipa, yaitu pipa api dan pipa air. Konstruksi-nya 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 ketel.

Contohnya : 1. Ketel *Werkspoor*

2. Ketel *Howden-Johnson*

2.1.3 Komponen *Boiler*

a. Katup keamanan

Suatu katup yang berfungsi untuk mencegah terjadinya *blow up* atau ledakan yang diakibatkan oleh tekanan uap yang melebihi tekanan kerja dari suatu *boiler*. Katup ini akan membuka secara otomatis apabila terjadi kerusakan pada sistem kontrol *on-off boiler*, atau saat uap yang diproduksi sudah melebihi set *point* dan *burner* masih terus berjalan. Sesuai regulasi setiap *boiler* harus memiliki lebih dari satu buah katup keamanan. Hal ini diberlakukan untuk mengantisipasi terjadinya kerusakan pada katup tersebut. Biasanya katup keamanan (*safety valve*) memiliki *pressure set point* 2 sampai 4 bar diatas tekanan kerja.



Gambar2.4 Katup Keamana

(Firman Ferdiansyah, ST, perawatan ketel uap (1998))

b. Katup utama (*Main steam valve*)

Katub yang dipakai untuk mengatur pemberian uap untuk pemanasan muatan, sedangkan katub bantu dipergunakan untuk mengatur aliran ke pesawat-pesawat bantu. Katub harus dipasang sedekat mungkin dengan *boiler* dan katub harus dapat di buka dan ditutup dengan baik dan lancar

c. *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.



Gambar2.5 Manometer

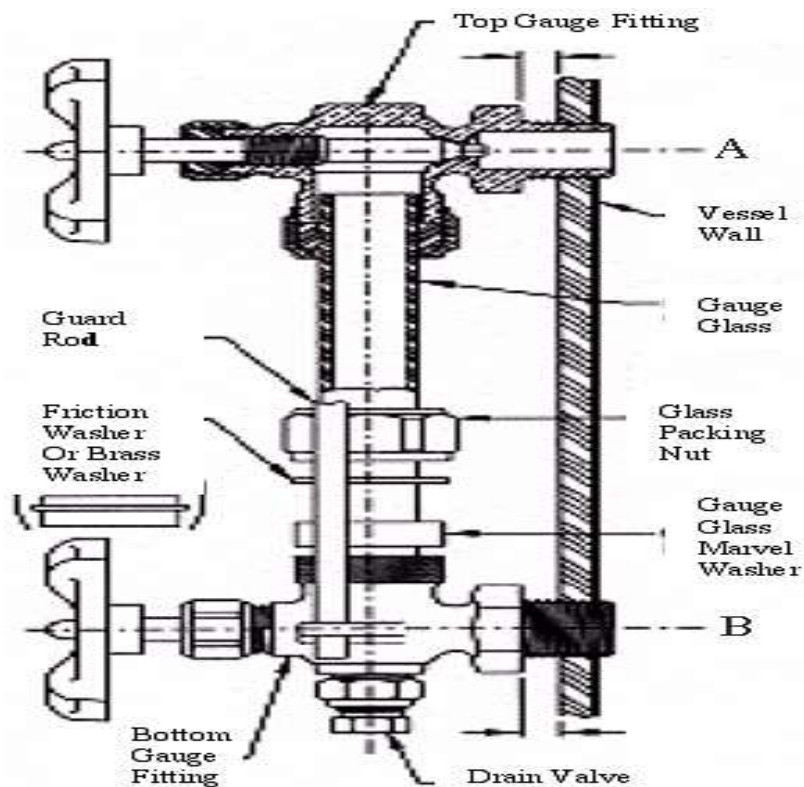
(Firman Ferdiansyah, ST, perawatan ketel uap (1998)

d. Katup *Blowdown*.

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 atau untuk tujuan pengosongan air *boiler*.

e. Gelas Penduga

Adalah alat yang digunakan untuk mengetahui level air yang ada didalam *boiler*.



Gambar 2.6 Water level gauge

(Firman Ferdiansyah, ST, perawatan ketel uap (1998))

f. Flame Eye

Adalah perlengkapan *boiler* yang digunakan untuk memeriksa warna api pembakaran sehingga *engineer* bisa menilai kualitas dari pembakaran didalam ruang bakar (*furnace*)

g. Katup *Scum* (katup cerat permukaan)

Suatu katup yang dipasang dibagian atas *body boiler* yang digunakan untuk mencerat permukaan air *boiler* bagian atas atau untuk membuang udara pada saat pengisian awal.

h. *Water Level Control* (pengontrol level air)

Alat yang digunakan untuk mengontrol jumlah air didalam *water drum* secara otomatis agar suplai air ke *boiler* sesuai dengan kebutuhan uap yang digunakan. Alat ini dilengkapi dengan *DP tansmitter* yang berfungsi untuk memberi sinyal pengontrol pada sistem yang akan mengaktifkan sistem alarm atau *trip* pada *boiler* apabila *feed water valve* tidak bisa mensuplai jumlah air yang dibutuhkan. Alat ini terdiri dari :

1. *Level float switch*
2. *Drain valve*
3. *Float rod*
4. *Transmitting tube*
5. *Transmitting magnet*

i. *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 pointnya* 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 *overpressure* atau ledakan pada *boiler*. Alat ini terdiri dari dua bagian penting yaitu :

- a. *Pressure gauge* yang berfungsi untuk memungkinkan pembacaan tekanan uap yang sebenarnya didalam *steam drum*, karena sambungan pipa koneksinya langsung masuk ke *steam drum*.
- b. *Pressure switch* yang berfungsi untuk mematikan *boiler* sesuai dengan tekanan yang ada pada *steam drum* sesuai dengan *set point*.

2.1.4 Proses Kerja Boiler

Pada dasarnya prinsip kerja dari sebuah *boiler* adalah jika air dipanaskan pada tekanan satu atmosfer pada 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. (fauzie,hanavie.1983)

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, maka suhu jenuh yang sebanding sudah tentu. 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 maka, suhunya akan naik melebihi suhu jenuh disertai penambah volume uap ini disebut uap pemanasan lanjut (*superheated 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*). Dan juga ada peralatan yang paling penting untuk mendukung proses kerja ada tiga pendukung antara lain :

1. Peralatan Pembakaran

Pada saat sekarang dilaut bahan bakar yang digunakan adalah minyak berat. Untuk membakarnya minyak tersebut perlu dipancarkan terlebih dahulu oleh *brander (oil burner)* kemudian dicampurkan dengan udara.

Udara yang dialirkan dari sebuah kipas angin melalui pemanas pendahulu, sampai ke tungku diputar oleh sudu-sudu antar (*guide blades*) di kelilingi ruang pembakaran, dan kemudian tercampur dengan minyak yang telah terurai. Banyaknya udara diatur oleh sebuah alat pengatur. Perlu dilakukan penunjang untuk memaksimalkan pembakaran di dukung alat sebagai berikut :

a. Tangki Persediaan (Tangki Pengendapan / *Setling Tank*)

Dalam tangki ini kandungan air dalam minyak dipisahkan dan diendapkan dengan cara memanaskan kemudian mendinginkannya. Ada dua tangki pengendapan yang dapat digunakan bergantian.

b. Saringan / *Filter*

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.

c. Pompa *Brander (Oil Burning Pump)*

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

d. Pemanas Minyak

Pemanas ini berfungsi mengurangi kekentalan minyak melalui pemanasan sehingga mempermudah penguraian.

e. *Burner*

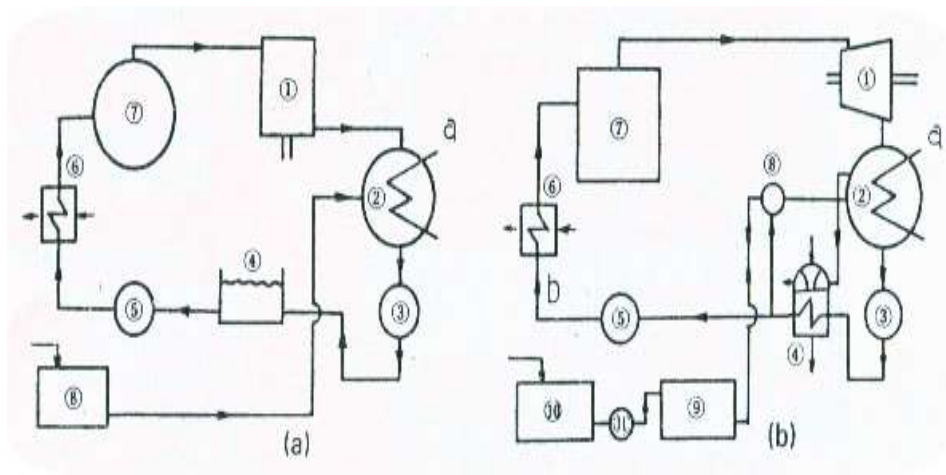
Burner menguraikan minyak dan menyemburkannya kedalam tungku untuk dibakar.

f. Pengisian udara (*air feeder*)

Udara yang dialirkan dari sebuah kipas angin melalui pemanas pendahulu, sampai ke tungku diputar oleh sudu-sudu antar (*guide blades*) di kelilingi ruang pembakaran, dan kemudian tercampur dengan minyak yang telah terurai. Banyaknya udara diatur oleh sebuah alat pengatur.

2. Peralatan Penyediaan Air

Uap yang dibangkitkan dalam ketel dimanfaatkan oleh mesin kemudian diembunkan menjadi air oleh kondensor. Peralatan penyediaan air yang diembunkan itu kembali ke ketel. Peralatan ini dapat disebut tipe terbuka dan tipe tertutup. Gambar 2.7(a) dan 2.7(b) memperlihatkan contoh masing - masing sistem penyediaan air.



Gambar.2.7 a & b Peralatan Penyediaan Air.

(a). Mesin Uap (*Steam engine*)

- (1) Mesin uap (*Steam engine*)
- (2) Kondensor (*Condenser*)
- (3) Pompa air (*Transfer pump*)
- (4) Tanki pemuai (*Cascade tank*)
- (5) Pompa pengisian (*Feed pump*)
- (6) Pemanas pengisian (*Feed heater*)
- (7) Ketel (*Boiler*)
- (8) Tanki bantu pengisian (*Auxiliary feed tank*)

(b). Air Distilasi (*Distilate Water*)

- 1) Mesin uap (*Steam engine*)
- 2) Kondensor (*Condenser*)
- 3) Pompa kondensat (*Kondensate pump*)
- 4) Uap pancar (*Air ejector*)
- 5) Pompa pengisian (*Feed pump*)
- 6) Pemanas pengisian (*Feed heater*)
- 7) Ketel (*Boiler*)
- 8) Penutup klep kontrol pengisian air
- 9) (*Closed feed water control Valve*)
- 10) Tangki pengisian (*Feed tank*)
- 11) Tangki bantu pengisian. (*Auxiliary feed tank*)

3. Pengisian Air Ketel

Pengertian pengisi air ketel adalah mengalirkan air yang sangat murni untuk mengisi ketel dan untuk menambah akibat dari kebocoran yang terjadi dalam peredaran lingkaran yaitu memanaskan, menguapkan, mengkondensasi dengan maksud memberi energi. Untuk maksud ini berbagai pesawat terdapat dalam peredaran lingkaran antara lainnya seperti pompa pengisi, pemanas air pengisi dan sebagainya. Selama peredaran lingkaran terdapat rugi air 2%, rugi ini harus di ganti. di kapal laut hal ini di lakukan dengan penguapan air laut. Jadi pengertian dari air pengisi ketel adalah air yang di sediakan untuk menambah air ketel yang telah hilang dalam peredaran lingkaran antara lain :

a. Pompa Pengisian

Pompa pengisian adalah pompa untuk mengisi air ke ketel. Pompa ini merupakan bagian yang terpenting dari peralatan penyediaan air, Biasanya ada dua pompa, satu sebagai persediaan.

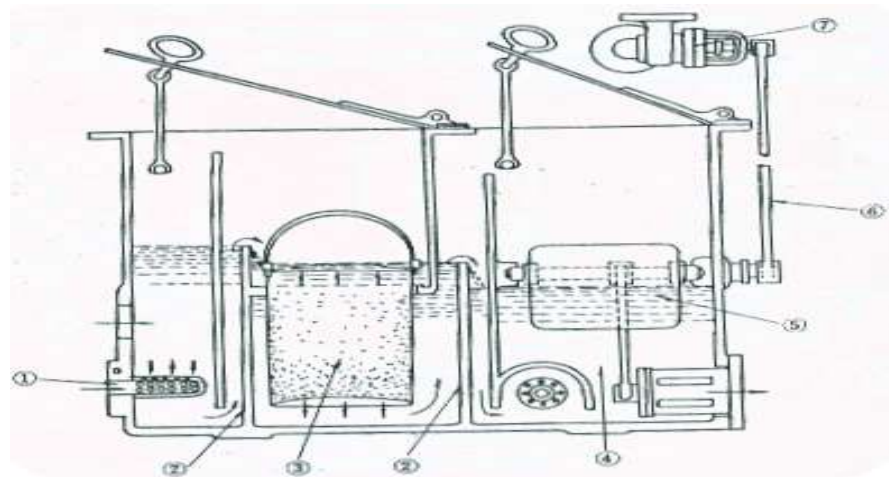
b. Pemanas Air Pengisian

Merupakan suatu alat untuk memanaskan air pengisian oleh uap buangan dari mesin - mesin bantu atau uap yang bocor dari mesin

induk. Penggunaan pemanas ini memberi lagi keuntungan dan berkurangnya panas yang hilang dari kondensor ke air laut, disamping keuntungan yang sama yang didapat dari *economizer* yaitu penghematan bahan bakar dan makin amannya ketel. Jadi, efisiensi panas mesin uap makin baik.

c. Saringan Dan Tangki Air Pengisi

Peralatan penyediaan air tipe terbuka dilengkapi dengan saringan untuk memisahkan minyak atau kotoran lain. Biasanya digunakan tangki bertangga dengan saringan air didalam tangki air pengisi. Tangki air pengisian berfungsi menyesuaikan ke tidak seimbangan yang sewaktu – waktu terjadi antara jumlah air kondensasi dan air pengisian.



Gambar : 2.8 Tangki Bertangga (*Cascade tank*)

1. Air kondensat masuk (*Condensate water inlet*)
2. Piringan division (*Division plate*)
3. Saringan (*Filter basket*)
4. Ruang apung (*Float chamber*)
5. Pengapung (*Float*)
6. Gas
7. Kain pengatur pompa pengisian uap
(*Steam regulating valve for feed pump*)

d. Tanki Air Pengisian Bantu

Air pengisian akan terpakai dan mungkin kurang karena kebocoran atau hal lain. Tanki ini menyimpan air tawar atau air *destilasi* untuk mengisi kekurangan itu.

2.2 Gambaran Umum Objek Penelitian

KM.Dharma Rucitra III merupakan kapal berjenis *Passenger Ship* salah satu kapal milik PT. Dharma Lautan Utama Dengan panjang keseluruhan 71,83meter. *Gross register tonnage* 1444 Tons, dengan kekuatan mesin penggerak utama 2x1300 HP.

Penelitian dilaksanakan saat Penulis melaksanakan proyek laut, tanggal 16 maret 2015 sampai dengan tanggal 20 maret 2016 di KM. Dharma Rucitra III. Kondisi KM.Dharma Rucitra III tergolong cukup baik diantara kapal - kapal lain milik PT. Dharma Lautan Utama operasional kapal ini terbilang lancar. Kapal ini *berhome base* di Pelabuhan Lembar beroperasi dengan trayek Pelabuhan Lembar, pulau Lombok dan pulau Bali.

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 perawan air ketel yang disebabkan oleh kurangnya pengetahuan dan keterampilan awak kapal dalam perawatan air ketel sangatlah penting karena bisa meningkatkan kinerja suatu mesin induk bisa bekerja dengan maksimal dan bisa meringankan pengeluaran operasional di KM Dharma Rucitra III, dengan berbagai kasus kerusakan yang penulis temukan selama praktek.

Pada dasarnya prinsip kerja dari sebuah *boiler* adalah jika air dipanaskan pada tekanan satu atmosfer, uapnya 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 pula. 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 penambahan *volume* uap ini disebut uap pemanasan lanjut (*superheated steam*),

Panas yang ditambah untuk menaikkan suhu sampai titik didih disebut panas nyata dan panas yang ditambahkan sesudah titik didih tercapai dan dipakai untuk membangkitkan uap disebut panas laten (*latent heat*).