

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Pengertian Umum

Menurut Hanavie 2012, *Boiler* adalah sebuah bejana yang tertutup yang dapat membentuk uap dengan tekanan lebih besar dari 1 atmosfer, dengan jalan memanaskan air *boiler* yang berada di dalamnya dengan gas-gas panas dari hasil pembakaran bahan bakar.

Menurut Nursyahid MS 2015, Pipa adalah benda berbentuk lubang silinder dengan lubang di tengahnya yang terbuat dari logam maupun bahan-bahan lain sebagai sarana pengaliran atau transportasi fluida berbentuk cair, gas maupun udara. Fluida yang mengalir ini memiliki *temperature* dan tekanan yang berbeda-beda. Pipa biasanya ditentukan berdasarkan nominalnya sedangkan *Tube* adalah salah satu jenis pipa yang ditetapkan berdasarkan diameter luarnya.

2. Pipa *Boiler* (*Tube*)

Boiler berskala besar dibentuk oleh pipa-pipa (*tubing*) berukuran antara 40 mm hingga 70 mm. Pipa-pipa ini memiliki desain material dan bentuk khusus yang harus tahan terhadap perbedaan temperatur ekstrim antara ruang bakar dengan air / uap air yang mengalir di dalamnya. Selain itu material pipa haruslah bersifat konduktor panas yang baik, sehingga perpindahan panas (*heat transfer*) dari proses pembakaran ke air / uap air bisa efektif. Ada desain khusus pada pipa-pipa *boiler* besar yang cukup

unik. Pipa-pipa tersebut berkontur ulir di dalamnya, sehingga menciptakan aliran turbulen pada saat air atau uap air mengalir di dalam pipa-pipa tersebut. Tujuan diciptakannya aliran turbulen adalah untuk mengurangi efek gesekan antara air atau uap air dengan permukaan pipa, sehingga mengurangi resiko kemungkinan adanya aliran yang mengganggu (turbulensi) pada lekukan pipa. Pada akhirnya hal ini akan meningkatkan efisiensi perpindahan energi panas dari proses pembakaran ke air.

a. pipa air (*wáter tube*)

Memiliki konstruksi yang hampir sama dengan jenis pipa api, jenis ini juga terdiri dari pipa dan barel, yang membedakan hanya sisi pipa yang diisi oleh air sedangkan sisi barel merupakan tempat terjadinya pembakaran. Karakteristik pada jenis ini ialah menghasilkan jumlah *steam* yang relatif banyak. Proses pengapian terjadi pada sisi luar pipa, sehingga panas akan terserap oleh air yang mengalir didalam pipa. Memiliki kapasitas *steam* yang besar, nilai efisiensi relatif lebih tinggi dan tungku pembakaran mudah untuk dijangkau saat akan dibersihkan. Namun biaya investasi awal cukup mahal, membutuhkan area yang luas dan membutuhkan komponen tambahan dalam hal penanganan air, air yang dipakai untuk pembuatan *steam* kondisi air tidak boleh membuih akan menyebabkan terjadinya korosi pada pipa-pipa. Kurangnya penanganan terhadap air pengisian menyebabkan berbagai masalah, seperti kebocoran pipa air *Auxiliary Boiler* yang akan mengganggu kerja *Auxiliary Boiler* dalam

memproduksi uap bertekanan dan berdampak pada pengoperasian kapal.

b. Bahan

Untuk suhu uap sampai 200°C masih dapat digunakan bahan baja biasa yang mengandung unsur karbon biasa. Untuk suhu uap lebih dari 200°C sampai 270°C harus menggunakan bahan baja dipadu dengan bahan lain, untuk kontak atau tabung baja dengan 0.5% molybdenum, dan untuk pipa pemanas lanjut dari bahan baja dipadu dengan 1% chrom dan 0,5% molybdenum. Apalagi untuk penyangga yang nyata selalu mempunyai suhu jauh lebih tinggi dari padaa pipa pemanas lanjut harus dibuat dari baja yang tahan oksidasi dengan dipadu dengan 60% *chrom* dan 40% *nickel* atau dapat juga dicampuri dengan *silicium-chroom-alluminium*. (Hamid Tridjono, 1996).

Dan pada saat peneliti melaksanakan praktek di MV DK 01 suhu uap akan naik sesuai tekanan uap yang dihasilkan *Auxiliary Boiler*. sesuai tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 Tekan dan suhu uap

Tekanan Kg/cm ²	Suhu °C	Tekanan Kg/cm ²	Suhu °C
0.1	45.4	3.0	132.9
0.5	80.9	4.0	142.9
1.0	99.1	5.0	151.1
2.0	109.6	6.0	158.1

3. *Air Boiler*

Menurut Tridjono 1996, Dalam air *Boiler* selalu ada bahan-bahan yang tidak diinginkan dan ini disebabkan karena :

- a. Rembesan pada pipa-pipa kondensor
- b. Ikut dengan air suppleksi untuk mengisi kekurangan karena pemakaian dan kebocoran. Air suppleksi demikian dapat berasal dari :
 - 1) Air yang diterima dari darat.
 - 2) Air sulingan yang belum 100% bersih betul.

Bahan-bahan yang dapat ikut dalam air :

- a) Jenis BIKARBONAT, seperti $Ca (HCO_3)_2$, dan $Mg (HCO_3)_2$
- b) Jenis SULPHAT dan CHLORIDA, seperti $CaSO_4$, $MgSO_4$, $CaCl_2$, $NgCl_2$.
- c) Garam dapur : NaCl.

- d) Silisium dioksida : SiO_2 , air tawar 50 mg/ltr , air laut 1 mg/ltr
- e) Gas-gas seperti : O_2 , CO_2 , NH_3 , N_2 .
- f) Bahan-bahan oraganis : berasal dari sisa-sisa tetumbuhan atau binatang.

Seperti telah diuraikan diatas garam-garam mineral yang terkandung dalam air dapat menimbulkan kerugian-kerugian dan permasalahan yang cukup serius, karena zat-zat tersebut apabila bereaksi dalam air akan mengakibatkan hal-hal sebagai berikut :

1) Kekerasan (pembentukan batu *boiler*/kerak)

Menurut Tridjono 1996 Pembentukan kerak pada *boiler* mengakibatkan kerugian pada pemindahan panas *boiler*. Panas lebih (*overheating*) dan tersumbatnya pipa dapat ditumbulkan olehnya sehingga terjadi pembongkaran biaya perawatan guna membersihkan pipa-pipa dan flat secara kimiawi. Kekerasan dinyatakan sebagai konsentrasi zat CaCO_3 . Hal ini untuk memudahkan dalam perhitungan sehingga akan didapat penanganan/tindakan pencegahan agar tetap dalam batas wajar. Kekerasan air dibagi menjadi dua yaitu :

a. Kekerasan sementara

Yaitu pembentukan kerak/kekerasan yang diakibatkan ikatan ion Ca^{++} dan Mg^{++} dalam air dari kelompok HCO_3 oleh karena itu disebut kekerasan Bicarbonate bentuk kekerasan sementara berupa endapan seperti lumpur yang dapat hilang pada waktu air dipanaskan. Kekerasan sementara dibentuk dari garam-garam : $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ Calcium Bicarbonate dan $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$

b. Kekerasan tetap

Yaitu pembentukan kerak/batuan/kekerasan yang diakibatkan oleh ikatan ion-ion Ca^{++} dan Mg^{++} yang tidak dapat hilang walaupun dipanasi. Kekerasan pembentukan kerak inilah yang berbahaya bagi *boiler*. Terbentuknya kekerasan ini adalah akibat dari *sulphate* dan *chloride* dari garam-garam Ca^{++} dan Mg^{++} dimana sifatnya adalah asam pH kurang dari 7.

4. Proses timbulnya korosi

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya.

Korosi pada *Boiler* timbul dari bahan-bahan pengotor yang terkandung dalam kondensat. Bahan-bahan kondensat tersebut biasanya terdiri karbondioksida, oksigen, dan garam-garam terlarut, terutama

garam-garam natrium yang terambil oleh uap air. Karbondioksida sangat mudah larut dalam air dingin dan membentuk asam karbonat dengan pH 5,5-6. Ketika air dididihkan gas itu keluar dan masuk ke dalam sistem kemudian terlarut kembali dalam kondensat. Dengan demikian air kondensat di dalam sistem mempunyai pH lebih rendah dari yang dibutuhkan untuk mempertahankan selaput pasif pada permukaan logam kemudian garam-garam yang terlarut dari air dan menguap, membentuk selapis kerak pada permukaan logam, sehingga pemindahan panas turun dan menimbulkan distorsi, yang bila tidak dilakukan pencegahan akan menimbulkan korosi pada pipa-pipa *boiler*. Karena pada *boiler* uap dan juga pada penerapan lainnya dalam praktek air selalu diganti, maka dalam hal air dengan pH rendah korosi tidak akan berhenti. Maka dari pada itu korosi dalam *boiler* hanya bisa ditanggulangi dengan cara pencegahan yang optimal dengan menjaga pH air pengisian tetap stabil dan kebersihan dari pipa-pipa yang terdapat yang ada dalam *boiler* selalu bersih.

a. Korosi antar batas butir

Menurut Jones (1992) Di daerah batas butir memiliki sifat yang lebih reaktif. Banyak-sedikitnya batas butir akan sangat mempengaruhi kegunaan logam tersebut. Jika semakin sedikit batas butir pada suatu material maka akan menurunkan kekuatan material tersebut. Jika logam terkena karat, maka di daerah batas butir akan terkena serangan terlebih dahulu dibandingkan daerah yang jauh dari batas butir. Serangan yang terjadi pada daerah batas butir dan daerah yang berdekatan dengan batas butir hal ini biasa disebut *intergranular corrosion*. *Intergranular corrosion* dapat terjadi karena adanya kotoran pada batas butir, penambahan pada salah satu unsur paduan, atau penurunan salah satu unsur di daerah batas butir. Sebagai contoh paduan besi dan aluminium, dimana kelarutan besi lambat maka akan terjadi serangan pada batas butir. Beberapa kegagalan pada 18-8 baja karbon telah terjadi karena *intergranular corrosion*. Ini terjadi dalam lingkungan dimana paduan harus memiliki

ketahanan korosi yang sangat baik. Ketika baja dipanaskan pada suhu kira-kira antara 950⁰ F sampai 1450⁰ F, baja tersebut akan peka atau rentan terhadap *intergranular corrosion*. Sebagai contoh untuk menghindari terjadinya *intergranular corrosion*, maka prosedur kepekaan di panaskan pada suhu 1200⁰ F selama satu jam. Kebanyakan teori tentang terjadinya *intergranular corrosion* didasarkan pada kehilangan atau penipisan kromium di daerah batas butir. Penambahan kromium pada baja akan meningkatkan ketahanan korosi diberbagai kondisi lingkungan. Umumnya penambahan tersebut berkisar 10% kromium untuk pembuatan baja karbon tahan karat. Jika kromium secara efektif diturunkan ketahanan terhadap korosi akan berkurang. Berdasarkan lingkungannya, korosi dapat dibedakan ke dalam dua kategori yaitu sebagai berikut :

- 1) Korosi Lingkungan Gas (*Dry Corrosion*).
- 2) Korosi Lingkungan Cairan (*Wet Corrosion*).

Korosi lingkungan gas dapat terjadi pada lingkungan atmosfer maupun lingkungan gas yang lain. Korosi lingkungan cairan dapat terjadi pada lingkungan air maupun cairan yang lain. Korosi dapat dibedakan berdasarkan suhu korosif yang melingkungi konstruksi logam. Berdasarkan suhu korosif ini, korosi dibedakan menjadi dua kategori, yaitu :

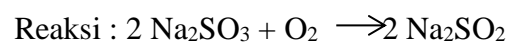
- a) Korosi Biasa/ Suhu Kamar (*Normal Temperature Corrosion*).
- b) Korosi Suhu Tinggi (*High Temperature Corrosion*).

5. Bahan kimia yang bisa dipakai dalam perawatan air *boiler* adalah :

a. Sulfite

Fungsi : Untuk menghilangkan oksigen terlarut dari air umpan *boiler*

Prinsip Kerja : Sodium Sulfite bereaksi secara langsung dengan O₂



Penghilangan oksigen terlarut dalam air umpan akan mengurangi kemungkinan terjadinya korosi didalam *boiler*.

Kekurangan dosis :

- Menyebabkan korosi dalam sistem *boiler*

Kelebihan dosis :

- Kehilangan energi karena *blow down boiler* harus lebih banyak untuk menurunkan kandungan padatan terlarut dalam air *boiler* dan dapat menaikkan biaya untuk *treatment program*.

b. Phosphate dan Polymer dispersant

Fungsi :

- Mengangkat dan mendispersikan *hardness* (Ca & Mg) atau ion logam lain (Fe) agar tidak menempel pada pipa dan dinding dalam *boiler*.
- Mengurangi terjadinya busa pada *boiler* prinsip kerja Phospat bereaksi dengan Ca, Mg dan Fe dalam *Boiler*



Polymer dispersant akan mendispersikan senyawa *phosphate* yang terjadi, mis. $\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_2$ dan memodifikasi bentuk kristalnya sehingga tidak menempel pada pipa dan dinding *boiler* yang dapat membentuk kerak.

Kekurangan dosis : Menyebabkan korosi dalam sistem *boiler*

Kelebihan dosis : Kehilangan energi karena *blow down boiler* harus lebih banyak.

c. Alkalinity booster

N-214 : Campuran dari produk alkali, *stabilizer* dan *antifoam*

Caustion Soda (NaOH)

Fungsi :

- Menaikkan dan menjaga pH air *boiler* pada batas 8 sampai 11

- Membantu proses pengendapan Mg *hardness* sebagai Mg (OH)₂ yang akan di-dispresikan oleh polymer.
- Membantu proses pengikatan silica (SiO₂) air *boiler* menjadi MgSiO₃ atau Na₂SiO₃ untuk dikeluarkan melalui *blowdown*.

Kelebihan dosis :

- Kehilangan energi karena *blowdown* harus lebih banyak.
- Menaikkan biaya untuk *treatment* program
- Menyebabkan Caustic corrosion jika pH air *boiler* terlampau tinggi dan terjadi penumpukan caustic pada bagian tertentu pada *boiler*.

Kekurangan dosis:

- Menyebabkan korosi dan pembentukan kerak pada *boiler*.
- Menyebabkan penurunan nilai pH dari pH Netral 7.
- Menyebabkan penebalan kerak pada logam.

6. Apendasi *Boiler*

Merupakan alat –alat kelengkapan *boiler* yang dapat bekerja sendiri dan dipasang dengan maksud untuk menjamin agar *boiler* nya dapat bekerja dengan aman. Untuk *boiler*, tidak harus mempunyai macam dan jumlah *apendanse* yang sama, tapi disesuaikan menurut keadaan dan ketentuan yang berlaku. Menurut chacamareta dalam blognya [http://maretaknows.wordpress.com/10//mechanical – seal – pengertian – dan -bagian. html. /2011/01/28/boiler-uap-atau-boiler/](http://maretaknows.wordpress.com/10//mechanical-seal-pengertian-dan-bagian.html).

- Safety valve* didisain khusus untuk melepaskan tekanan berlebih yang ada di *equipment* dan sistem perpipaan pada jaringan hydrant. *Safety valve* harus dalam keadaan baik untuk mencegah kerusakan

pada *equipment*, dan lebih penting lagi untuk menghindari kecelakaan pada para pekerja. Karena tekanan dan temperatur yang di terima oleh *safety valve* ketika melebihi batas yang telah ditetapkan, maka *valve* ini akan melepaskan kenaikan tekanan sebelum menjadi tekanan lebih ekstrim.

- b. *Sight Glass* digunakan untuk melihat tingkatan, tekanan cairan atau gas yang berada didalam *system*, atau untuk melihat apa yang sedang terjadi dalam *system*.
- c. *Pressure Gauge* sebagai alat pengontrol tekanan didalam bejana *auxiliary boiler* harus dalam keadaan baik untuk pengukuran tekanan dengan hasil yang akurat.
- d. *Water Level Control* untuk mengukur dan mengontrol level air dalam *steam drum*, agar *auxiliary boiler* bekerja secara aman dan efisien, serta menghasilkan uap terus menerus, maka harus menjaga supaya *steam drum* levelnya tidak rendah ataupun terlalu tinggi, jika tidak ada air yang cukup pada *steam drum* maka pipa air akan kering dan terbakar karena panas dari api, dan jika terlalu banyak air maka uap yang dihasilkan tidak akan kering.
- e. Katub utama dan bantu adalah 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.

- f. *Blow down valve* berfungsi untuk membuang endapan yang tidak terlarut (*total dissolved solid*) pada *mud drum* sehingga nilai tds air *boiler* yang diharapkan dapat terjaga.

7. Pemeliharaan *Auxiliary Boiler*

Boiler uap tidak akan dapat berumur panjang apabila tidak dilaksanakan pemeliharaan secara seksama (*intensif*), baik dalam masa operasi maupun dalam masa penyimpanan. Pemeliharaan secara seksama dalam masa operasi dimaksud adalah bagaimana cara mengoprasikan *boiler* uap tersebut sesuai dengan petunjuk yang berlaku atau yang sesuai dengan design pembuat *boiler* tersebut.

Disamping itu penggunaan air umpan juga harus sesuai atau memenuhi syarat sebagai air *boiler*. Yang bahwa air pengisi *boiler* harus bebas dari zat-zat yang dapat merusak *boiler*, baik korosi maupun kerak.

Untuk mencegah hal demikian, maka dilakukan perlakuan *external treatment* dan *internal treatment*, misalnya dipasang pH control pada *condensate line*, atau dilakukan *water treatment* untuk *raw water*, juga penginjeksian *chemical* pada *feed water* dan *boiler water*.

Untuk mengetahui bahwa sifat-sifat air sudah memenuhi syarat, maka dilakukan penelitian air pengisi dan air *boiler* secara intensif di laboratorium. Dengan menjaga angka-angka yang disajikan sebagai air pengisi dari air *boiler* berarti juga membantu penggunaan *boiler* berumur panjang.

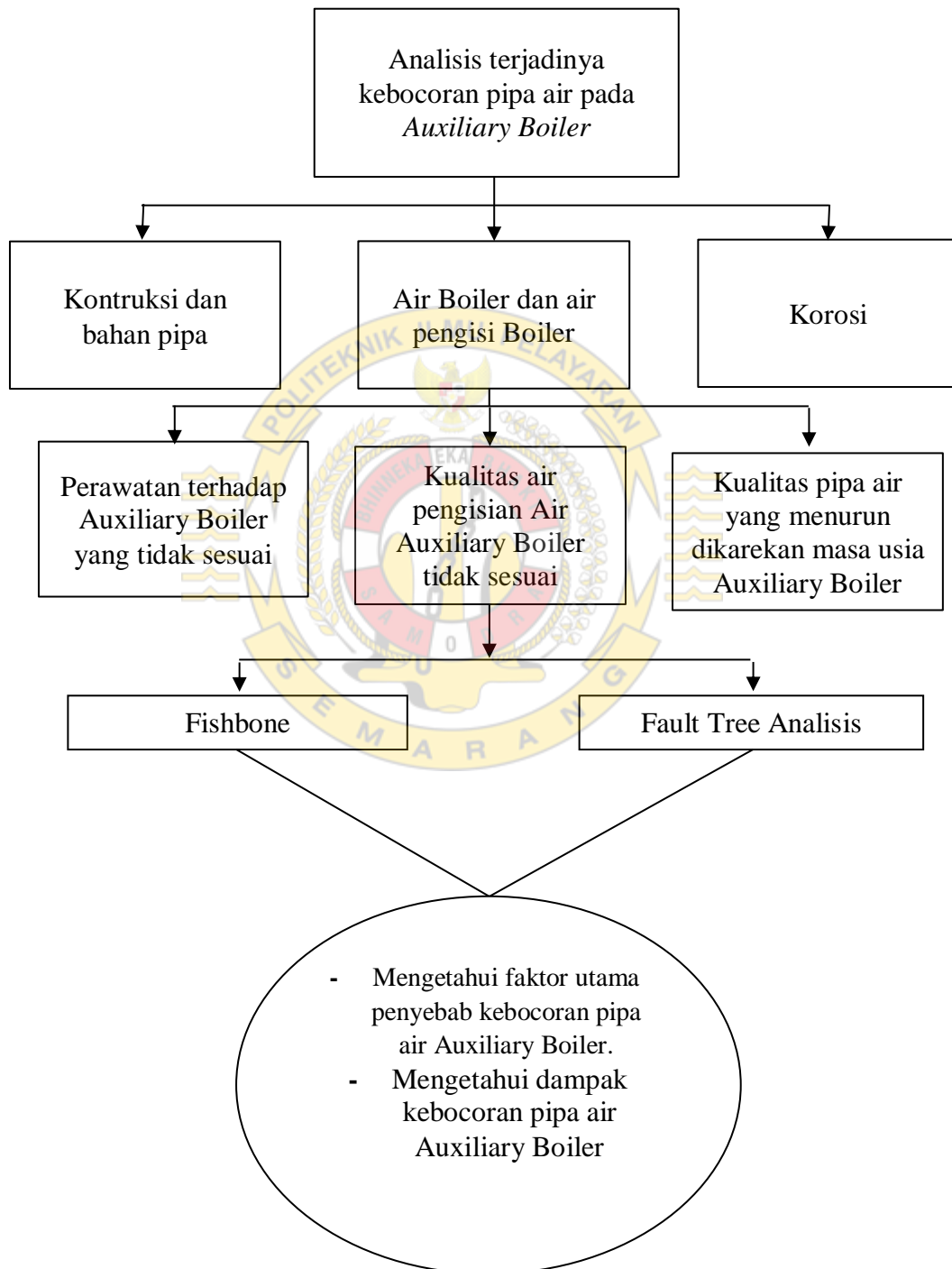
Tidak kalah pentingnya pemeliharaan *boiler* selama setelah masa operasi disbanding dengan masa selama operasi. Sebab bagaimanapun logam itu akan dengan mudah dirusak oleh zat-zat perusak logam , misalnya oksigen dsb.

Apalagi *boiler* uap yang akan disimpan dalam jangka waktu yang cukup lama, sehingga harus mendapatkan perawatan yang baik. Langkah pertama yang diambil setelah *Auxiliary boiler* mengalami operasi beberapa bulan *chemical* dan *mechanical* adapun penginjeksian *chemical* keadaan *Auxiliary boiler* untuk penginjeksian proses *chemical cleaning* yaitu :

- 1) Dua hari sebelum *boiler* dimatikan, maka jenis *chemical* yang telah ditentukan serta dosisnya mulai diinjeksikan dengan memonitor pH air *boiler* tidak boleh lebih dari 11.
- 2) Secara rutin dilakukan *Blow Down lower drum*, untuk membuang kotoran-kotoran yang mengendap di dalam *drum water*.
- 3) Setelah dua hari di injeksikan *chemical*, maka *boiler* dimatiakan dan selanjutnya dilakukan sirkulasi air / penggantian air pengisi.
- 4) Setelah *boiler* dalam keadaan dingin, maka air *boiler* di *blow* (dikosongkan)
- 5) Diadakan pemeriksaan oleh pihak depnaker, untuk menentukan hal-hal yang perlu dilaksanakan pada langkah selanjutnya contohnya pada perlakuan *mechanical Cleaning* dalam dan luar pada bagian *boiler*.
- 6) Setelah diadakan pembersihan baik bagian luar maupun dalam yang mana hal tersebut dilakukan dengan dengan memerlukan waktu, maka

akan dilakukan ulang oleh pihak depnaker, untuk menentukan apakah masih perlu dilakukan pembersihan ulang atau tidak.

B. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 2.1 Kerangka pikir penelitian

Kerangka pikir di atas menerangkan bahwa dalam suatu karya ilmiah harus dilengkapi dengan kerangka pikir yang menggambarkan masalah yang menjadikan sebab kenapa bisa terjadi kebocoran pipa air *Auxiliary Boiler* di MV. DK 01. Kerangka pikir menerangkan proses berfikir peneliti untuk mencari cara menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini dan hasil yang didapat diharapkan dapat meningkatkan kinerja *Auxiliary Boiler*.

C. Definisi Operasional

Pemakaian istilah - istilah dalam bahasa Indonesia maupun bahasa asing akan sering ditemui pada pembahasan skripsi ini. Agar tidak terjadi kesalahpahaman dalam mempelajarinya maka di bawah ini akan dijelaskan pengertian dari istilah-istilah tersebut :

1. Air pengisi *Boiler* (*Boiler feed pump*)

Air pengisi *boiler* didapatkan dari 2 sumber yaitu: air *condensate*, didapatkan dari hasil pengembunan uap bekas yang telah digunakan sebagai pemanas pada *evaporator*, *juice heater* dan *vacuum pan*. Air *condensate* ini ditampung dan kemudian dialirkan ke *station boiler* sebagai air umpan pengisi *boiler* dengan persyaratan Ph: 8,5, Iron (ppm) : 0,002, Oxygen (ppm) : 0,02

2. *Dearator*

Merupakan pemanas air sebelum dipompa kedalam *boiler* sebagai air pengisian. Media pemanas adalah *exhaust steam* pada tekanan $\pm 1 \text{ kg/cm}^2$ dengan suhu $\pm 150^\circ\text{C}$, sehingga didapatkan air pengisian *boiler* yang bersuhu antara 100°C . Fungsi utamanya adalah menghilangkan oksigen.

3. *Induced Draft Fan (I.D.F)*

Alat bantu *boiler* yang berfungsi sebagai penghisap gas asap sisa pembakaran bahan bakar, yang keluar dari *boiler*.

4. Cerobong asap (*chimney*)

Berfungsi untuk membuang udara sisa pembakaran.

5. *Economizer*

alat pemindah panas berbentuk tubular yang digunakan untuk memanaskan air umpan *boiler* sebelum masuk ke *steam drum*. Istilah *economizer* diambil dari kegunaan alat tersebut, yaitu untuk menghemat (*to economize*) penggunaan bahan bakar dengan mengambil panas (*recovery*) gas buang sebelum dibuang ke atmosfer.

6. Lubang lalu orang (*Manhole*)

Lubang lalu orang ini berfungsi untuk keluar masuknya orang pada saat *boiler* mengalami perbaikan, pembersihan dan pemeriksaan

7. *Soot Blower*

Berfungsi sebagai pembersih jelaga atau abu yang menempel pada pipa-pipa

8. *Blow Down*

Pengertian *blow down* adalah pembuangan sejumlah kecil *boiler water* dengan maksud untuk menjaga tingkat maximum dari padatan terlarut dan terendap pada tingkat yang diizinkan.