

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Tinjauan Pustaka

Sebagai pendukung pembahasan skripsi ini mengenai analisa suhu *inert gas system* (gas lembam) terhadap operasional pada saat bongkar minyak mentah di kapal MT. Serui agar mudah untuk di pahami penulis akan memberikan beberapa istilah yang di ambil dari pustaka yang berkaitan dengan pembahasan skripsi ini.

##### 1. Analisa

Analisa atau *analysis* adalah suatu usaha untuk mengamati secara detail sesuatu hal atau benda dengan cara menguraikan komponen-komponen pembentuknya atau penyusunan untuk dikaji lebih lanjut. Analisa berasal dari bahasa kuno yaitu analisis yang artinya melepaskan analisis terbentuk dari dus suku kata, yaitu "ana" yang berarti kembali, dan "luein" yang artinya melepas kembali atau menguraikan. Kata analisis ini diserap kedalam Bahasa Inggris menjadi analysis yang kemudian diserap juga kedalam Bahasa Indonesia menjadi analisa (Ibrahim,2013)

##### 2. Suhu / *Temperature*

Menurut Ir. Sarsinta (2008) pengertian temperatur adalah suatu ukuran dingin atau panasnya keadaan atau sesuatu lainnya. Sedangkan menurut Wirastuti dkk (2008) pengertian temperatur udara adalah panas

atau dinginnya suatu udara. Perubahan temperatur udara disebabkan oleh adanya kombinasi kerja antara udara, perbedaan kecepatan proses pendingin & pemanasan suatu daerah dan jumlah kadar air & permukaan bumi. Alat untuk mengukur udara ini adalah thermometer.

Pada dasarnya suhu adalah ukuran yang menyatakan panas dinginnya sesuatu, bisa dalam bentuk padat, cair dan gas. Biasanya dinyatakan dalam satuan derajat. Semakin panas suatu benda maka nilai derajatnya akan semakin tinggi, sebaliknya semakin dingin suatu benda maka nilai derajatnya juga semakin turun.

Pada abad 17 terdapat 30 jenis skala yang membuat para ilmuwan kebingungan. Hal ini memberikan inspirasi pada *Anders celcius* (1701 ± 1744) sehingga pada tahun 1742 dia memperkenalkan skala yang digunakan sebagai pedoman pengukuran suhu skala ini diberi nama sesuai dengan namanya yaitu skala celcius. Apabila benda didinginkan terus maka suhunya akan semakin dingin dan partikelnya akan berhenti bergerak, kondisi ini disebut kondisi nol mutlak. Skala celcius tidak bisa menjawab masalah ini maka *Lord Kelvin* (1842 ± 1907) menawarkan skala baru yang diberi nama Kelvin. Skala kelvin dimulai dari 273 K ketika air membeku dan 373 K ketika air mendidih. Sehingga nol mutlak sama dengan 0 K atau  $-273^{\circ}\text{C}$ . Selain skala tersebut ada juga skala Reamur dan Fahrenheit. Untuk skala Reamur air membeku pada suhu  $0^{\circ}\text{R}$  dan mendidih pada suhu  $80^{\circ}\text{R}$  sedangkan pada skala Fahrenheit air membeku pada suhu  $32^{\circ}\text{F}$  dan mendidih pada suhu  $212^{\circ}\text{F}$ .

Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu atau alat yang digunakan untuk menyatakan derajat panas atau dingin suatu benda. Termometer memanfaatkan sifat termometrik dari suatu zat, yaitu perubahan dari sifat – sifat disebabkan perubahan suhu dari zat tersebut. Adapun jenis zat cair yang digunakan pada termometer diantaranya :

- a. Termometer air raksa
- b. Termometer alkohol

Adapun jenis – jenis alat ukur Termometer antara lain :

- a. Termometer cairan

Termometer cairan adalah termometer yang pipa kacaya berisi cairan. Jenis – jenis termometer cair :

- 1) Termometer raksa

Termometer yang pipa kacanya diisi dengan raksa disebut termometer raksa. Termometer raksa dengan skala celcius adalah termometer yang umum dijumpai dalam keseharian.

- 2) Termometer alkohol

Termometer yang pipa kacanya diisi dengan alkohol.

- 3) Termometer cairan dalam kehidupan keseharian

- a) Termometer klinis (termometer badan)

Termometer klinis yang biasa digunakan para dokter, perawat, dan orang tua untuk mengukur suhu tubuh manusia.

- b) Termometer dinding (termometer ruangan)

Termometer untuk mengukur suhu ruangan dengan menggunakan zat mau logam (sebagai raksa).

c) Termometer maximum dan minimum six-Bellani

Prinsip kerjanya, ketika suhu udara turun alkohol diruang A menyusut sehingga raksa diruang B naik dan mendorong keping baja untuk menunjukkan angka minimum. Dan sebaliknya

d) Termometer laboratorium

Termometer ini bisa kita gunakan untuk perlengkapan laboratorium. Termometer ini menggunakan cairan raksa atau alkohol. Jika cairan bertambah panas maka raksa atau alkohol akan memuai sehingga skalanya bertambah.

b. Termometer gas

Ada dua macam termometer gas :

- 1) Termometer yang volume gasnya dijaga tetap, dan tekanan gasnya dijadikan sifat termometrik dari termometer.
- 2) Termometer yang tekanan gasnya dijaga tetap, dan volume gasnya dijadikan sifat termometrik dari termometer.

c. Termometer zat padat

Termometer zat padat menggunakan prinsip perubahan hambatan logam konduktor terhadap suhu sehingga disebut sebagai termometer hambatan. Adapun jenis hambatan logam :

1) Termometer platina

Termometer yang bekerja berdasarkan pada perubahan tahanan yang terjadi pada sensor termometer karena pengaruh suhu media / benda yang akan diukur suhunya.

2) Termometer bimetal

Termometer ini mengandung sebuah keping bmetal tipis berbentuk spiral. Prinsipnya, makin besar suhu makin melengkung untuk menunjukkan suhu yang lebih besar.

3) Termometer resistor

Termometer ini digunakan pada industri untuk mengukur suhu lebih dari  $1000^{\circ}\text{C}$ .

d. Termometer termistor

Prinsip kerjanya adalah ketika suhu naik, hambatan termistor turun. Hambatan listrik diukur dengan suatu rangkaian yang mengandung sebuah skala yang dikalibrasi dalam derajat suhu.

e. Termometer termokopel

Termometer termokopel adalah sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan suhu dalam benda menjadi perubahan tegangan listrik (voltage).

f. Termometer optis

1) Pirometer

Pirometer (*Pyrometer*) adalah termometer yang digunakan untuk mengukur suhu yang tinggi (diatas  $1000^{\circ}\text{C}$ ), contoh : untuk mengukur suhu pada peleburan logam dan suhu permukaan matahari. Prinsip kerja alat ini adalah mengukur radiasi yang dipanaskan oleh benda tersebut. Jenis pirometer dua macam, yaitu pirometer optik dan pirometer radiasi total.

## 2) Termometer inframerah

Termometer inframerah mengukur suhu menggunakan radiasi kotak hitam (biasanya inframerah) dan menangkap suhu yang dipancarkan objek. Jenis – jenis sensor termometer inframerah :

a) Sistem pencitraan garis inframerah, biasanya membantu menentukan titik api yang penting pada pencerminan putar, untuk secara terus-menerus memindai permukaan yang luas pada ruang.

b) Kamera inframerah, termometer inframerah yang didesain khusus sebagai, memonitor banyak titik pada saat yang sama, hasilnya berupa gambar 2 dimensi, dimana tiap pixel menunjukkan temperatur.

### g. Termometer digital

Termometer digital, biasanya menggunakan termokopel sebagai sensornya untuk membaca perubahan nilai tahanan. Secara sederhana termokopel berupa dua buah kabel dari jenis logam yang berbeda yang ujungnya, disatukan (dilas). Titik penyatuan ini disebut *hot junction*. Prinsip kerjanya memanfaatkan karakteristik hubungan antara tegangan (*volt*) dengan temperatur.

### h. Termometer merkuri

Termometer merkuri adalah digunakan pada alat ukur suhu termometer karena koefisien muainya bisa terbilang konstan sehingga perubahan volume akibat kenaikan atau penurunan suhu hampir selalu sama.

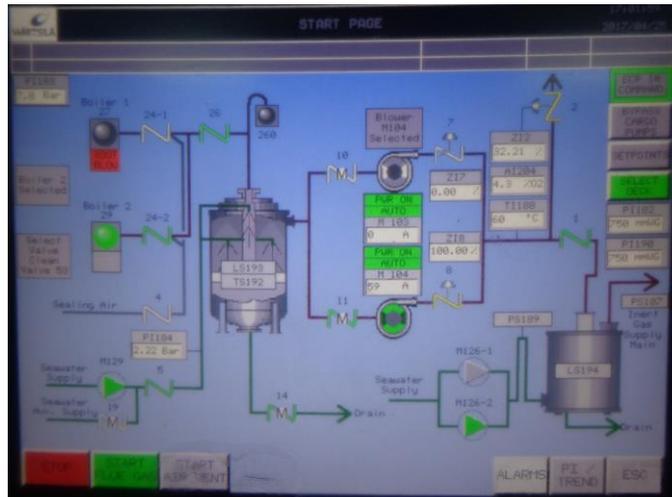
i. Termometer galileo

Termometer galileo (termometer galilea) adalah termometer yang terbuat dari gelas silinder tertutup berisi cairan bening dan serangkaian benda kerapatannya sedemikian rupa sehingga mereka naik atau turun sesuai perubahan suhu.

3. *Inert Gas System* (sistem gas lembam)

Menurut *manual book* Ir. Pieter Batti (2010:5) *Inert gas system* adalah mempertahankan kadar *oxygen* yang rendah dalam tangki sehingga tidak memungkinkan timbulnya kebakaran. Purging pada tanki-tanki muatan yang kosong dengan maksud menggantikan campuran *hydrocarbon gas* dengan *inert gas* agar bisa mengurangi konsentrasi atau kadar *hydrocarbon* dibawah garis yang disebut "*Critical Dilution*". Kalau sampai ada udara segar menyelinap masuk kedalam tanki tersebut maka kondisi atmosfer dalam tanki akan segera masuk dalam kantong dimana campuran ini dapat terbakar atau meledak.

Pada umumnya "*Inert Gas Plants*" menggunakan gas buang atau "*Flue Gases*" dari *boiler* sama seperti di kapal MT. Serui, karena kadar *oxygen* dalam gas buang dari *boiler* cukup rendah. Jadi *Inert Gas System* adalah suatu alat atau sistem dengan memasukkan *Gas Inert* atau lembam, yang biasanya dari gas buang *boiler* kedalam tanki muatan untuk mendesak udara terutama *oxygen* keluar dari dalam tanki, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya kebakaran atau ledakan dalam tanki-tanki muatan tersebut. Suhu normal IGS adalah 60°C-64°C.



Gambar 2.1 *Inert Gas System* di MT. Serui

*Technical Data* dari *Inert Gas System* di kapal MT. Serui :

- a. Type : *Moss Flue Gas System*
- b. Maker : Wartsila Moss As
- c. Kapasitas nominal IGS : 4900 m<sup>3</sup>/h
- d. Build Year : 2015
- e. Suplai air laut
  - 1) Kapasitas (*Scrubber Pump*) : ± 73 m<sup>3</sup>/h (*filtered to 3 mm*)  
Tekanan (*Scrubber Pump*) : ± 2 bar (*scrubber inlet*)
  - 2) Kapasitas (*Deck water seal*): ± 3 m<sup>3</sup>/h  
Tekanaan (*Deck water seal*): ± 1 bar (*deck water seal inlet*)
- f. Electro motor 3 phase, 440 V, 60 Hz  
Electro motor, blower, net : ± 51.8 KW
- g. Electric power single phase, 220 V, 60 Hz  
Control system : ± 1.5 KW
- h. Instrument air at 6 – 10 bar (g)  
Control system (in balance) : ± 4 Nm<sup>3</sup>/h

Sebagai gambaran, berikut ini adalah komposisi dari gas buang tersebut :

- Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) : kadarnya ± 12 % - 14 %
- Oksigen (O<sub>2</sub>) : kadarnya ± 2 % - 5 %
- Sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>) : kadarnya ± 0,02 % - 0,03 %
- Nitrogen (N<sub>2</sub>) : kadarnya ± 77 %

#### 4. Proses Pembuatan Gas Lembam

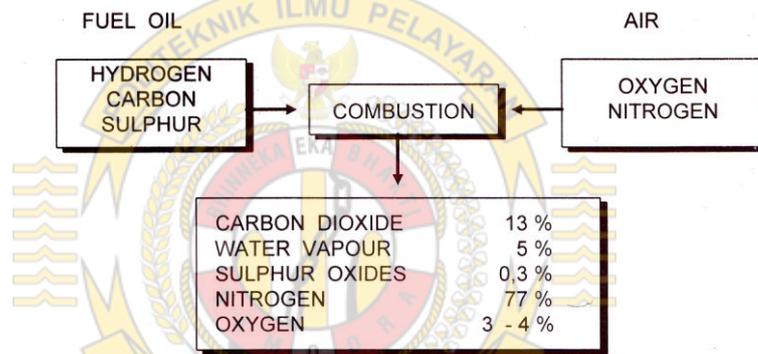
Menurut Ir. Pieter Batti *manual book* (2010:25) Gas yang digunakan sebagai sumber gas lembam adalah gas buang yang berasal dari boiler atau *flue gas*, yang kemudian gas tersebut dialirkan kedalam *scrubber tank*. Didalam *scrubber tank* gas bekas dari boiler tadi diturunkan suhu dan dikeluarkan kotoran sisa pembakaran seperti abu dan endapan. Untuk kemudian gas tersebut dialirkan ke *blower fan*. Setelah dari *blower fan*, gas tersebut dialirkan ke *deck water seal* kemudian melewati *non return valve* dan katup isolasi untuk kemudian dialirkan kedalam tangki muatan.

Alasan utama menggunakan gas buang dari *Boiler* yang digunakan sebagai sumber gas lembam yaitu dikarenakan:

- a. Kadar oksigen dalam gas dari hasil pembakaran boiler cukup rendah, apabila boiler terpelihara dengan baik dan pembakaran cukup sempurna maka akan didapat kadar oksigen dalam gas buang boiler sekitar 3%–4% dan dapat turun hingga mencapai 2%.
- b. Pemakaian gas lembam pada waktu kapal sedang muat, bongkar muatan, pencucian tangki ketika dipelabuhan, pada saat itu *boiler*

juga sedang beroperasi untuk menghasilkan *steam* yang digunakan untuk menggerakkan pompa kargo. Sehingga efisiensi bahan bakar serta komponen yang diperlukan untuk menghasilkan gas lembam lebih hemat dibandingkan jika menggunakan *Inert Gas Generator* atau mesin diesel lainnya.

Pada gambar selanjutnya akan menjelaskan bagaimana Gas *HydroCarbon* dan oksigen bercampur didalam *boiler* untuk menghasilkan *flue gas* yang rendah kadar oksigennya.



Gambar 2.2 Proses pembuatan gas lembam

Sifat –sifat dari tiap unsur pembentuk gas lembam antar lain:

- a. Nitrogen 77% dari volume

Bersifat inert dan gas ini tidak mempengaruhi kondisi atmosfer didalam tangki muatan jadi keberadaanya tidak dikhawatirkan.

- b. *Carbon Dioxyda* 33% dari volume

Bersifat *inert* dan *toxic*, tetapi gas ini tidak perlu dikhawatirkan karena walaupun beracun hanya dimasukkan kedalam tangki dan yang paling penting tidak akan membatu pembakaran dan dan proses korosi didalam tangki.

- c. H<sub>2</sub>O 5% dari volume.

Bersifat inert dan dapat ditolelir karena kadarnya yang rendah.

- d. Oksigen 3 % - 4 % dari volume

Berada pada batas dibawah Flammable range sehingga tidak dapat berpotensi untuk terjadi pembakaran.

- e. SO<sub>2</sub> 0,3% dari volume.

Bersifat corrosive dan toxic tetapi pada batas yang rendah sehingga tidak mengkhawatirkan.

- f. NOX 0,04% dari volume

Bersifat toxic tetapi bisa diabaikan karena kadarnya rendah.

- g. CO 0,1%

Bersifat toxic tetapi dapat diabaikan karena kadarnya rendah

- h. Kotoran dan abu  $\pm 15 \text{ mg /m}^3$ , sedapat mungkin dikeluarkan dari sistem karena akan menyumbat dari sistem gas lembam.

- i. Temperatur gas buang boiler  $\pm 427^{\circ}\text{C}$  jadi perlu didinginkan lebih dahulu sebelum digunakan sebagai gas lembam dalam tangki muatan.

## 5. Komponen Utama *Inert Gas System* (gas lembam)

### a. *Boiler*

Menurut Djokosetyardj M.J (2010) fungsi utama dari *boiler* adalah untuk memproduksi uap yang bertekanan dari hasil pemanasan air didalam drum air. Uap dari hasil pemanasan tadi digunakan untuk daya penggerak *Cargo Oil Pump Turbine*, selain dari fungsi utama tersebut

uap dari boiler juga digunakan sebagai pemanas tangki-tangki dan permesinan.

Selama proses pemanasan air didalam boiler tersebut diperlukan proses pembakaran bahan bakar dengan udara yang menghasilkan panas dan gas sisa pembakaran. Yang kemudian gas inilah yang digunakan sebagai sumber untuk pembuatan gas lembam. Oleh karena itu, pembakaran yang sempurna antara jumlah dan kualitas dari bahan bakar yang digunakan dengan jumlah udara yang diperlukan sangat perlu diperhatikan untuk menghasilkan gas buang yang rendah kadar oksigennya.

b. *Scrubber Tank*

Menurut Ir. Pieter Batti *manual book* (2010:30) Fungsi utama dari *scrubber tank* adalah :

- 1) Membersihkan atau mengeluarkan kotoran-kotoran seperti abu dan endapan dari gas sisa pembakaran *boiler* untuk dijadikan gas lembam yang bersih.
- 2) Sebagai tempat untuk mendinginkan gas hasil pembakaran *boiler* dengan cara menyemprotkan air laut dan mengalirkannya kedalam *scrubber* hingga suhu gas buang boiler menjadi berkisar  $\pm 64^{\circ} \text{C}$  diatas suhu air laut.
- 3) Mengeluarkan gas  $\text{SO}_2$  dengan menggunakan air laut yang mana 90% gas ini harus dikeluarkan.

Konstruksinya :

Berbentuk silinder dan dibuat dari “*mild steel plate*”. Bagian dalamnya dilapisi dengan anti karat seperti *Highly Anti Corroscive*, FRP lining (3 *ply epoxy* dan 2 *ply glass fibre cloth*) untuk mencegah terjadinya korosi karena air laut serta gas  $H_2SO_3$ . Konstruksi *scrubber* terdiri dari tiga bagian antara lain :

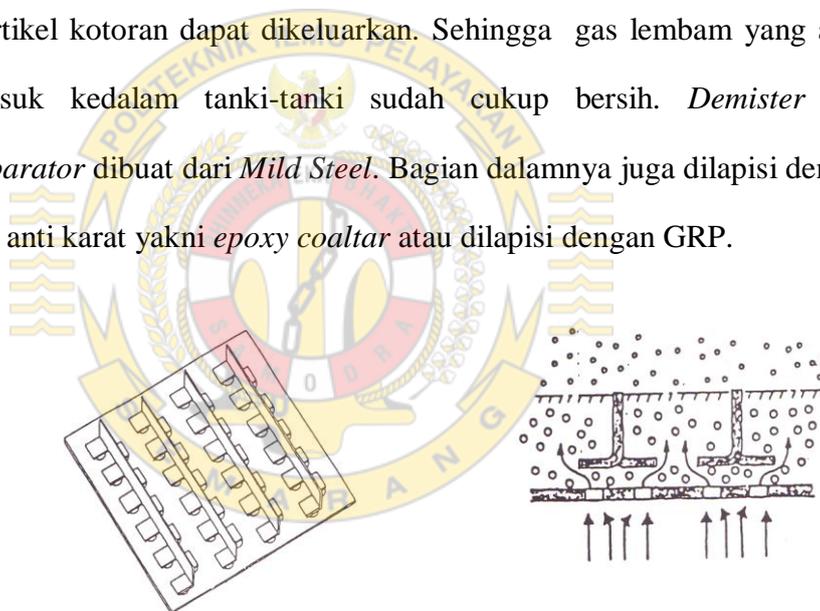
- 1) *Bottom Seal Tank*, yang setiap saat dialiri dengan air laut yang berfungsi sebagai *sealing*, pencuci dan pendingin dari gas pembakaran.
- 2) *Middle Crubber Tower*, dimana dipasang semprotan air (*nozzle*) dari atas dan biasanya juga diantaranya terpasang *packing elemet* untuk mengatur mengalirnya air pencuci maupun gas lembam tersebut dapat dibersihkan dengan baik.
- 3) *Top Cover Box*, digunakan sebagai penutup yang pada tempat tersebut sekaligus dipasang penyaring yang disebut demister.

Gas buang dari boiler mulai dibersihkan dari bottom seal, kemudian pembersihan dan pendinginan dilanjutkan dengan semprotan air pada scrubbing tower. Selanjutnya gas dialirkan melalui top cover box ke demister. Air yang berlebihan dari scrubber ini bersama kotoran lain seperti abu dan endapan dikeluarkan melalui air pembuangan kelaut. Air ini warnanya agak kotor karena bercampur dengan abu endapan tadi, tetapi setelah diadakan penelitian ternyata tidak menimbulkan pencemaran. Scrubber ini dirancang sedemikian rupa supaya dapat memproduksi gas lembam

yang cukup untuk semua tangki muatan dan *sloop tank*, dan agar pada keadaan kapal miring dan mendongak tidak mengganggu kerja dari *scrubber* tersebut.

c. *Demister Separator*

Menurut Ir. Pieter Batti *manual book* (2010:32) Fungsi dari *demister separator* adalah sebagai penyaring gas yang sudah dicuci dan didinginkan *Bottom Seal Tank* melewati *demister* dimana masih mengandung partikel kotoran. Dengan melalui *demister* 90% dari partikel kotoran dapat dikeluarkan. Sehingga gas lembam yang akan masuk kedalam tanki-tanki sudah cukup bersih. *Demister pad separator* dibuat dari *Mild Steel*. Bagian dalamnya juga dilapisi dengan cat anti karat yakni *epoxy coaltar* atau dilapisi dengan GRP.



Gambar 2.3

*Demister Separator*

d. *Blower Fan* (Draft Fan)

Menurut Ir. Pieter Batti *manual book* (2010:36) Fungsi dari *blower fan* yaitu gas lembam yang sudah bersih dihisap dari *scrubber* melalui *demister* untuk masuk ke *blower fan* yang kemudian dialirkan ke *deck water seal* untuk kemudian dialirkan ke dalam tangki muatan. Diatas kapal yang dilengkapi dengan sistem gas lembam harus ada dua buah

*blower fan* yang kapasitas totalnya harus 125% dari kapasitas pompa muatannya, atau *max discharge rate capacity by volume*.

Konstruksinya :

*Fan* yang digunakan adalah *type centrifugal single stage* yang dilengkapi dengan *stop backward blade impeller*. *Impeller* terbuat dari *alluminium bronze plate*, bagian dalam dari *casing* yang terbuat dari *steel plate* dilapisi anti karat.

e. *Deck Water Seal*

Menurut Ir. Pieter Batti *manual book* (2010:40) Fungsi dari *deck water seal* adalah dengan *Mechanical Deck Water Seal* berfungsi sebagai alat untuk mencegah jangan sampai terjadi aliran balik (*Back Flow*) gas *HydroCarbon* dari tangki-tangki muatan kembali ke daerah kamar mesin atau daerah-daerah yang seharusnya bebas gas (*Safe Gas*) dimana alat-alat *inert gas* terpasang.

f. *Deck Mechanical Non Return Valve* dan *Isolating Valve*

Menurut Ir. Pieter Batti *manual book* (2010:43) Fungsi dari *non return valve* dan *isolating valve* adalah sebagai pencegah kebocoran gas *HydroCarbon* akibat dari *back flow* dari ruang muatan yang akan masuk kedalam *inert gas pipe line* pada saat terjadi tangki diisi terlalu penuh (*Over Filled*)

Konstruksinya

Kedua *valve* tersebut dipasang didepan *deck water seal*. *Isolating valve* dipasang paling depan dimuka dari *non return valve*, supaya pipa utama dari *inert gas* diatas *deck* dipisahkan dari *non return devices*. Kedua

*valve* tersebut tahan terhadap api dan karat yang disebabkan oleh *acid* dari gas.

g. Mast Riser

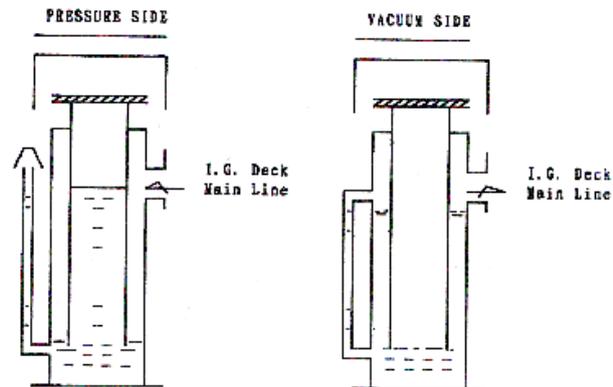
Menurut Ir. Pieter Batti *manual book* (2010:53) Fungsi dari *mast riser* adalah sebagai tempat memasang *safetv valve* dan juga berfungsi sebagai pembuang gas terutama pada saat *loading* dan *gas freeing* yang biasanya disebut *inert gas vent valve*. *Valve* ini harus dibuka pada saat *inert gas plant* tidak bekerja, untuk mencegah kemungkinan kebocoran gas yang disebabkan oleh tekanan yang semakin tinggi dalam tangki melalui alat-alat *non return valve* tersebut.

Konstruksinya :

Untuk *savety valve* digunakan *non return P/V valve* dan untuk pembuangan gas, *valve* atau *pressure vacuum valve* digunakan *globe valve*. *Valve* ini harus tahan api dan tahan terhadap karat yang disebabkan oleh *acid* dari gas.

h. *Presurre / Vacuum Breaker (P/V) Breaker*

Menurut Ir. Pieter Batti *manual book* (2010:61) Fungsi dari *pressure / vacuum breaker (P/V)* adalah sebagai menjaga tekanan didalam ruang muatan dan saluran utama inert gas berubah sesuai dengan perubahan suhu udara sekelilingnya terhadap suhu air laut dan juga perubahan gas *HydroCarbon*. Dalam hal inilah *P/V breaker* disambungkan dengan saluran utama gas lembam *dideck* sebagai pengaman bila *P/V breaker* (katup pernafasan) pada suatu saat tidak berkerja dengan normal melayani perubahan tekanan naik dan turun secara drastis. Alat ini adalah salah satu *safet device* dari *system* gas lembam di MT. SERUI.



Gambar 2.4 P/V Breaker

Terdiri dari dua buah *cylinder*, yaitu silinder luar dan *cylinder* dalam serta cairan penyekat, yaitu cairan anti beku diisi sampai pada batas yang di tentukan. Juga terdapat sebuah alat penahan api (*Flame Arrestor*) yang dipasang di bagian atas *cylinder* dalam by-pass yang menghubungkan bagian atas dengan bawahnya (*cylinder* luar).

Pada bagian atas juga dipasang pemisah kabut air atau *mist separator*, cara kerjanya yaitu:

- 1) Pada waktu tekanan naik, maka *seal liquid* (cairan penyekat) akan ditekan kebawah sampai pada bagian dari *by-pass line*. Gas yang bercampur cairan penyekat akan mengalir keatas melalui saluran *by-pass* tersebut sehingga mencapai *mist separator*, gasnya dipisahkan dari partikel-partikel air dan disalurkan keudara luar. Selanjutnya cairan penyekat kembali kedasar melalui *seal liquid return valve*, sehingga hampir tidak mungkin air keluar meluap membasahi *deck*.
- 2) Pada waktu tekanan turun, cairan penyekat didalam silinder akan turun permukaannya sampai bagian bawah dari saluran *by-pass*.

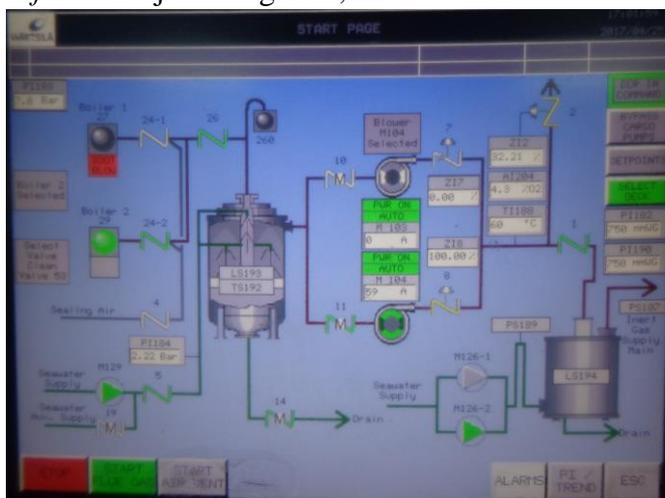
Udara terhisap pada bagian atas *cylinder* dalam melalui *by-pass line* dan naik ke *cylinder* luar melalui cairan penyekat dan disalurkan keluar menuju ke *cargo oil tank*.

Tekanan kerja P/V *Breaker* adalah +1610 mm H<sub>2</sub>O dan -700 mm H<sub>2</sub>O. *Seal liquid* terdiri dari campuran *ethylene glycol* 25% dan air tawar 75% SG adalah 1,042 pada suhu 20<sup>0</sup> C.

#### i. Control System

Menurut Ir. Pieter Batti *manual book* (2010:65) Fungsi dari *control system* adalah untuk mengontrol kerjanya alat-alat *inert gas* dengan baik / normal dan juga untuk memberi tanda alarm kalau terjadi hal-hal yang tidak normal, seperti umpamanya:

- 1) Temperatur gas lembam terlalu tinggi.
- 2) Tekanan gas lembam rendah.
- 3) Aliran air laut ke *scrubber* atau *deck seal tank* tekanannya terlalu rendah.
- 4) Kadar *oxygen* didalam sistem terlalu tinggi.
- 5) *Blower fan* bekerja kurang baik, dan lain-lain.



Gambar 2.5 Monitor / Control IGS beroperasi normal

j. *Oxygen Analyzer System* (Pengontrol kadar *oxygen*)

Menurut Ir. Pieter Batti *manual book* (2010:70) Fungsi dari *oxygen analyzer system* adalah sebagai pengontrol kadar *oxygen* dalam gas lembam dan mempertahankan konsentrasi *oxygen* dalam sistem gas lembam dibawah batas yang telah ditentukan. Jadi normalnya *oxygen analyzer* ini dipasang tetap (*fixed*) guna mengontrol dan memberikan alarm kalau konsentrasi oksigen bertambah diatas batas-batas yang dikehendaki.

k. *Pressure Gauge* (alat pengukur tekanan)

Menurut Ir. Pieter Batti *manual book* (2010:78) Fungsi dari *pressure gauge* adalah untuk mengetahui tekanan *inert gas* didalam *cargo tank*. Alat ini mempunyai skala penunjukan dari 100 mm – 200 mm H<sub>2</sub>O. Bentuknya lingkaran dengan diameter 10 cm dan jarum penunjuknya berputar pada poros titik tengah lingkaran, ditempatkan di *cargo control room* dan *engine control room*. Yang diukur oleh alat ini adalah tekanan gas lembam didalam saluran utama diatas deck. Sedangkan saluran utama ini selalu dihubungkan dengan *atmosfir* didalam *cargo oil tank* oleh *Branch Valve* (katup cabang). Dengan demikian tekanan yang ditunjukkan juga merupakan besarnya tekanan didalam ruang muatan.

6. Operasional

Menurut Husein Umar (2008) Pengertian operasional adalah konsep yang bersifat abstrak untuk memudahkan pengukuran suatu variabel atau operasional dapat diartikan sebagai pedoman dalam melakukan suatu kegiatan ataupun pekerjaan penelitian. Definisi

operasional menurut karakteristik yang diobservasi untuk didefinisikan atau mengubah konsep-konsep yang berupa konstruk dengan kata-kata yang menggambarkan suatu perilaku atau gejala yang diamati, diuji dan ditentukan kebenarannya kepada orang lain.

Definisi operasional menurut para ahli :

- a. Budi Pranata : Pengertian operasional adalah kuantitas atau jumlah yang tidak cocok.
- b. Nani Darmayanti : Pengertian operasional adalah rumusan tentang ruang lingkup serta ciri-ciri suatu konsep yang menjadi pokok pembahasan dan penelitian suatu karya ilmiah.
- c. Hoover : Pengertian operasional adalah memuat identifikasi sesuatu hal yang bersifat (variabel) sehingga dapat digunakan untuk penelitian (observasi).

#### 7. Bongkar Minyak Mentah

Definisi bongkar menurut Gianto dkk dalam buku “Pengoperasian Pelabuhan Laut” (2009:31-32), Bongkar adalah pekerjaan membongkar barang dari atas geladak atau palka kapal dan menempatkan ke atas dermaga atau dalam gudang. Dalam kapal *tanker* yaitu suatu proses memindahkan muatan cair dari dalam tanki kapal ke tanki timbu / *storage* di terminal atau dari kapal ke kapal yang lain “*Ship To Ship*”.

Minyak mentah adalah bahan bakar fosil yang terdapat di bumi dan terbentuk dari tumbuhan dan fosil hewan jutaan tahun lalu. Kemudian minyak mentah disuling menjadi berbagai produk minyak bumi, misalnya bensin dan gasolin. Dikapal MT. Serui mengangkut minyak

mentah / *crude oil* dari pelabuhan ke pelabuhan lain atau dari kapal ke kapal “*Ship To Ship*”.

CARGO HOLDS								
Tank Name	Location		Capacity		100% Full Center			IMax.
	Aft	Fwd	100% Full	98% Full	LCG	TCG	VCG	
	m-AP	m-AP	m3	MT	m-AP	m-CL	m-BL	
NO.1 C.O.TK (P)	145.810F	166.530F	2908.59	2850.42	154.566F	4.987P	10.182	2220
NO.1 C.O.TK (S)	145.810F	166.530F	2909.73	2851.54	154.566F	4.987S	10.182	2221
NO.2 C.O.TK (P)	125.090F	145.810F	4333.57	4246.89	135.302F	6.828P	9.837	4693
NO.2 C.O.TK (S)	125.090F	145.810F	4331.93	4245.29	135.302F	6.828S	9.837	4691
NO.3 C.O.TK (P)	104.370F	125.090F	4438.92	4350.14	114.730F	6.979P	9.818	4978
NO.3 C.O.TK (S)	104.370F	125.090F	4431.34	4342.71	114.730F	6.979S	9.818	4970
NO.4 C.O.TK (P)	83.650F	104.370F	4434.13	4345.44	94.010F	6.979P	9.818	4973
NO.4 C.O.TK (S)	83.650F	104.370F	4424.36	4335.88	94.010F	6.979S	9.818	4962
NO.5 C.O.TK (P)	62.930F	83.650F	4440.15	4351.34	73.290F	6.979P	9.818	4979
NO.5 C.O.TK (S)	62.930F	83.650F	4432.37	4343.72	73.290F	6.979S	9.818	4971
NO.6 C.O.TK (P)	45.170F	62.930F	3595.05	3523.15	54.252F	6.674P	10.081	4181
NO.6 C.O.TK (S)	45.170F	62.930F	3586.73	3514.99	54.252F	6.674S	10.081	4171
SUB TOTAL			48266.85	47301.51				
SLOP TK (P)	39.010F	45.170F	1095.31	1073.41	42.135F	6.095P	10.621	1404
SLOP TK (S)	39.010F	45.170F	1093.22	1071.36	42.135F	6.095S	10.621	1402
GRAND TOTAL			50455.38	49446.27				

Gambar dokumentasi 2.6 Kapasitas tanki muatan MT. Serui

## 8. *Fishbone Analysis*

Menurut Dr. Kaoru Ishikawa (2010) Diagram tulang ikan atau diagram *Fishbone* adalah salah satu metode di dalam meningkatkan kualitas. Sering juga diagram ini disebut dengan diagram Sebab-Akibat atau *cause effect* diagram yang menggunakan data verbal (*non-numerical*) atau data kualitatif.

Dikatakan diagram *fishbone* (Tulang Ikan) karena memang berbentuk mirip dengan tulang ikan yang moncong kepalanya menghadap ke kanan. Diagram ini akan menunjukkan sebuah dampak atau akibat dari sebuah permasalahan, dengan berbagai penyebabnya. Efek atau akibat dituliskan sebagai moncong kepala. Sedangkan tulang ikan diisi oleh sebab-sebab sesuai dengan pendekatan permasalahannya.

Dikatakan diagram *Cause and Effect* (Sebab dan Akibat) karena diagram tersebut menunjukkan hubungan antara sebab dan akibat. Berkaitan dengan pengendalian proses statistikal, diagram sebab-akibat dipergunakan untuk menunjukkan faktor-faktor penyebab (sebab) dan karakteristik kualitas (akibat) yang disebabkan oleh faktor-faktor penyebab itu.

Manfaat Metode *Fishbone* adalah sebagai berikut :

Fungsi dasar metode *Fishbone* adalah untuk mengidentifikasi dan mengorganisasi penyebab-penyebab yang mungkin timbul dari suatu efek spesifik dan kemudian memisahkan akar penyebabnya . Sering dijumpai orang mengatakan “penyebab yang mungkin” dan dalam kebanyakan kasus harus menguji apakah penyebab untuk hipotesa adalah nyata, dan apakah memperbesar atau mengurangnya akan memberikan hasil yang diinginkan.

#### 9. FTA (*Fault Tree Analysis*)

Menurut Dwi Priyanta (2000:17) Teknik untuk mengidentifikasi kegagalan (*Failure*) dari suatu sistem dengan memakai FT (*Fault Tree*) diperkenalkan pertama kali pada tahun 1962 oleh *Bell Telephone Laboratories* dan memperkenalkan program computer untuk melakukan analisa dengan memanfaatkan FT (*Fault Tree*) baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif.

FTA (*Fault Tree Analysis*) berorientasi pada fungsi (*Function Oriented*) atau yang lebih dikenal dengan “*TOP Down*” karena analisa

ini berawal dari sistem level (*TOP*) dan meneruskannya kebawah. Titik awal dari analisa ini adalah pengidentifikasian mode kegagalan fungsional pada *TOP Level* dari suatu sistem atau subsistem.

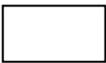
FTA (*Fault Tree Analysis*) adalah teknik yang banyak dipakai untuk studi yang berkaitan dengan resiko dan kegagalan dari suatu sistem *engineering*. *Event* potensial yang menyebabkan kegagalan dari suatu sistem *engineering* dan probalitas terjadinya *event* tersebut dapat ditentukan dengan FTA (*Fault Tree Analysis*). Sebuah *TOP Event* yang merupakan definisi dari kegagalan suatu sistem (*System Failure*), harus ditentukan terlebih dahulu dalam mengkonstruksikan FTA (*Fault Tree Analysis*). Sistem kemudian dianalisa untuk menemukan semua kemungkinan yang didefinisikan pada *Top Event*. *Fault Tree Analysis* mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana.

Sebuah *Fault Tree Analysis* mengilustrasikan keadaan dari komponen-komponen sistem (*Basic Event*) dan hubungan antara *Basic Event* dan *TOP Event*. Simbol grafis yang dipakai untuk menyatakan hubungan disebut gerbang logika (*Logica Gate*). *Output* dari sebuah gerbang logika ditentukan oleh *event* yang masuk kegerbang tersebut. Berikut Penulis menjabarkan istilah-istilah dalam *Fault Tree Analysis* disajikan dalam bentuk tabel-tabel yang memudahkan untuk pemahaman kita.

Tabel. 2.1 Istilah dalam metode *Fault Tree Analysis*

<b>Istilah</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Event</i>	Penyimpangan yang tidak diharapkan dari suatu keadaan normal pada suatu komponen dari sistem
<i>Top Event</i>	Kejadian yang dikehendaki pada “puncak” yang akan diteliti lebih lanjut ke arah kejadian dasar lainnya dengan menggunakan gerbang logika untuk menentukan penyebab kegagalan
<i>Logic Event</i>	Hubungan secara logika antara input dinyatakan dalam AND dan OR
<i>Transferred Event</i>	Segitiga yang digunakan simbol transfer. Simbol ini menunjukkan bahwa uraian lanjutan kejadian berada di halaman lain.
<i>Undeveloped Event</i>	Kejadian dasar ( <i>Basic Event</i> ) yang tidak akan dikembangkan lebih lanjut karena tidak tersedianya informasi.
<i>Basic Event</i>	Kejadian yang tidak diharapkan yang dianggap sebagai penyebab dasar sehingga tidak perlu dilakukan analisa lebih lanjut.

Tabel 2.2 Simbol-simbol dalam *Fault Tree*

Simbol	Keterangan
	<i>Top Event</i>
	<i>Logic Event OR</i>
	<i>Logic Event AND</i>
	<i>Transferred Event</i>
	<i>Undeveloped Event</i>
	<i>Basic Event</i>

Simbol-simbol dalam *Fault Tree Analysis* yang digunakan dalam menguraikan suatu kejadian disajikan pada table 2.2.

a. Manfaat dari metode *Fault Tree Analysis* adalah:

- 1.) Dapat menentukan faktor penyebab yang kemungkinan besar menimbulkan kegagalan.
- 2.) Menemukan tahapan kejadian yang kemungkinan besar sebagai penyebab kegagalan.
- 3.) Menganalisa kemungkinan sumber-sumber resiko sebelum kegagalan timbul.
- 4.) Menginvestigasi suatu kegagalan.

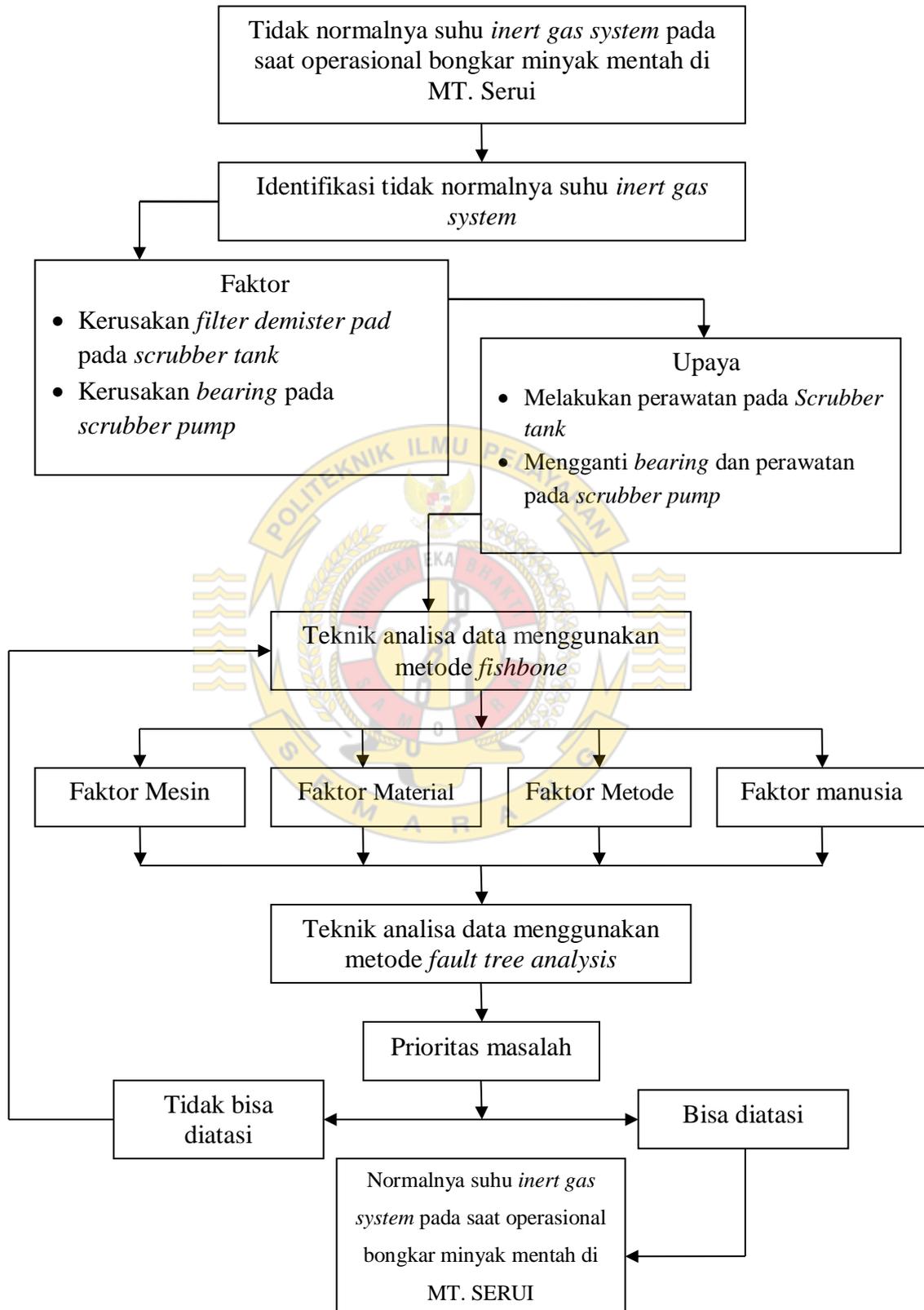
b. Kelebihan dari metode *fault tree analysis* :

- 1.) Mudah menjelaskan semua perbedaan interaksi penyebab untuk menghasilkan kerugian.
- 2.) Penyebab dasar dan logis dalam penyebab kerugian bisa dimengerti.
- 3.) Dapat membuat tindakan pencegahan yang tepat untuk mengeliminir penyebab dasar sehingga kerugian yang sama tidak akan muncul lagi.
- 4.) Dapat menghitung evaluasi kualitatif dan kuantitatif dari kerugian.

c. Kekurangan dari metode *fault tree analysis* :

- 1.) *Fault tree analysis* adalah diagram logika *boolean*, yang menunjukkan hanya dua kondisi : berfungsi dan gagal.
- 2.) Sulit untuk memperkirakan keadaan kegagalan sebagian dari bagian-bagian proses.

## B. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 2.7 Kerangka Pikir Penelitian

Berdasarkan kerangka pikir diatas, dapat dijelaskan dari topik yang dibahas yaitu tidak normalnya suhu *inert gas system* pada saat operasional bongkar minyak mentah di MT. SERUI, yang mana dari topik tersebut akan diidentifikasi menghasilkan faktor penyebab dari topik masalah nya dan penulis ingin mengetahui faktor penyebab tersebut. Dari faktor-faktor tersebut maka akan dihasilkan dampak, sehingga timbul upaya ataupun usaha yang dilakukan untuk mengetahui masalah yang ada.

Setelah diketahui upaya apa yang dilakukan, selanjutnya membuat landasan teori dari permasalahan diatas untuk selanjutnya dilakukan analisa hasil penelitian melalui observasi, wawancara, dan studi pustaka yang dilakukan peneliti yang selanjutnya akan diketahui faktor utama apa yang menyebabkan tidak normalnya suhu *inert gas system* dan dari faktor utama yang akan dibahas maka akan menghasilkan simpulan dan saran dari penulis untuk dapat mencegah tidak normalnya suhu *inert gas system*.

### C. Definisi Operasional

Pemakaian istilah-istilah dalam bahasa Indonesia maupun bahasa asing akan sering ditemui pembahasan berikutnya. Supaya tidak terjadi kesalahpahaman dalam mempelajarinya maka dibawah ini akan dijelaskan pengertian dari istilah-istilah tersebut :

#### 1. Suhu

Suhu yaitu ukuran yang menyatakan panas dinginnya sesuatu, bisa dalam padat, cair dan gas. Biasanya dinyatakan dalam satuan derajat. Semakin panas suatu benda maka nilai derajatnya akan semakin tinggi,

sebaliknya semakin dingin suatu benda maka nilai derajatnya juga semakin tinggi.

## 2. *Inert Gas System* (gas lembam)

*Inert gas system* yaitu suatu alat atau sistem dengan memasukkan *Gas Inert* atau lembam, yang biasanya dari gas buang *boiler* kedalam tangki sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya kebakaran atau ledakan dalam tangki-tangki muatan tersebut.

## 3. *Boiler*

*Boiler* yaitu suatu bejana tertutup untuk memproduksi uap yang bertekanan dari hasil pemanasan air didalam *drum* air. Uap dari hasil pemanasan tadi digunakan untuk daya penggerak *Cargo Oil Pump Turbine* (COPT), selain dari fungsi utama tersebut uap dari *boiler* juga digunakan sebagai pemanas tangki-tangki dan permesinan.

Selama proses pemanasan air didalam *boiler* tersebut diperlukan proses pembakaran bahan bakar dengan udara yang menghasilkan panas dan gas sisa pembakaran (*flue gases*). Yang kemudian gas inilah yang digunakan sebagai sumber untuk pembuatan gas lembam. Oleh karena itu, pembakaran yang sempurna antara jumlah dan kualitas bahan bakar yang digunakan dengan jumlah udara yang diperlukan sangat perlu diperhatikan untuk menghasilkan gas buang yang rendah kadar oksigennya.

## 4. *Scrubber Tank*

*Scrubber tank* yaitu suatu variasi peralatan besar untuk pemisah, membersihkan zat padat atau cairan dari gas dengan menggunakan media air laut dan menurunkan suhu *inert gas system* (gas lembam).

### 5. *Deck Water Seal*

*Deck water seal* yaitu suatu peralatan bantu *inert gas system* yang berfungsi sebagai alat untuk mencegah jangan sampai terjadi aliran balik (*back flow*) gas *Hydrocarbon* dari tangki-tangki muatan kembali ke daerah kamar mesin atau daerah-daerah yang seharusnya bebas gas (*safe gas*) dimana alat-alat *inert gas* terpasang.

