

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Tinjauan Pustaka

##### 1. Pengoperasian

Menurut Chaer (2003:102) pengoperasian adalah suatu serangkaian proses dan cara mengoperasikan suatu alat ataupun sistem secara baik. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2005:611) Pengoperasian dengan kata dasar operasi adalah Pelaksanaan suatu rencana yang telah dikembangkan.

Dapat diambil suatu kesimpulan bahwasannya pengoperasian adalah proses tindakan dalam mempergunakan suatu alat secara baik dan prosedural untuk mendapatkan suatu hasil yang diinginkan.

##### 2. *Inert gas system*

###### a. Pengertian

Menurut IGS OTT modul-3 (2000:12), Badan Diklat Perhubungan. *Inert gas system* adalah gas atau campuran gas yang tidak mengandung cukup *oksigen* untuk pembakaran *hydrocarbon* misalnya gas buang *boiler*.

Menurut *Tanker Familiarization Course* (TFC) Modul III *Gas Tanker Familiarization*(2000:17), Badan Diklat Perhubungan. *Inert gas* adalah *gas* yang mengandung kadar *oksigen* rendah yang digunakan

untuk mengatur *atmosfir* di dalam tangki muat, yaitu mencegah terbentuknya campuran yang mudah terbakar.

Menurut *International Chamber Of Shipping Oil Companis International Marine Forum(OCIMF)* tentang *inert flue gas safety guide* (2000:25). Inert Gas adalah gas seperti *nitrogen* atau *carbondioksida* atau campuran gas seperti *flue gas* yang mengandung kadar *oksigen* yang rendah untuk mendukung pembakaran *hydrocarbon*. Menurut *Cargo Operation Manual*, MT. Sungai Gerong. *Inert Gas* adalah gas atau uap gas yang tidak akan mendukung pembakaran dan tidak akan bereaksi dengan mudah

Dari pengertian diatas tentang *inert gas system* itu, kita bisa dapatkan penjelasan bahwa suatu inert gas system adalah gas atau campuran gas seperti *nitrogen* atau *carbondioksida* atau *flue gas* yang mengandung kadar *oksigen* yang rendah untuk mendukung penurunan *hidrokarbon*. Sehingga dengan *inert gas sytem* yang digunakan dikapal tanker dapat tercegah dari kecelakaan kerja termasuk ledakan, kebakaran dan kematian.

#### b. Dasar Aturan

Konferensi Internasional untuk keselamatan kapal *tanker* dan pencegahan pencemaran yang berlangsung pada bulan February 1978 telah menerima 5 resolusi yang merekomendasikan bahwa *International Maritime Organization(IMO)* menyusun penuntun (*guide lines*) untuk melengkapi kebutuhan peraturan 62, Bab II-2 dalam

konvensi *Safety Of Life At Sea (SOLAS)* 1974, seperti yang telah diubah dan ditambah dengan memperhitungkan kondisi operasi yang sulit dari *inert gas system* dan kebutuhan untuk memelihara standar yang memuaskan. Penuntun ini memberikan kepada pemerintah-pemerintah untuk membantu memberikan desain yang tepat dan parameter pembangunannya serta dalam merumuskan prosedur pengoperasian yang sesuai bila *inert gas system* dipasang di kapal yang berbendera negara tersebut.

Menurut IGS OTT modul-3 (2000:9) Status dari penuntut ini bersifat petunjuk yang dimaksudkan untuk mencakup perencanaan dan operasi dari :

- 1). Sistem gas lembam yang diisyaratkan pada kapal tangki baru oleh peraturan 60 Bab II-2 dalam protokol SOLAS 1978 dan sesuai dengan peraturan 62.0
- 2). Sistem gas lembam yang diisyaratkan pada kapal tangki lama oleh peraturan 60 Bab II-2 dalam protokol SOLAS 1978 dan sesuai dengan peraturan 62,20.
- 3). Sistem gas lembam yang dipasang tetapi tidak untuk memenuhi persyaratan peraturan 60 Bab II-2 dalam protokol SOLAS 1978.

#### c. Prinsip-Prinsip Inert Gas System

Ledakan tidak akan terjadi pada tangki muat kapal *tanker* yang telah lembam atau *inerted* dengan baik, umpamanya pada waktu terjadi

tabrakan, sehingga terjadinya kerusakan akibat kebakaran dapat dihindari seminimum mungkin. Menurut OTT modul-3 (2000:13) Gas tidak akan terbakar karena:

- 1). *Hidrocarbon* konsentrasinya terlalu tinggi
- 2). *Hidrocarbon* konsentrasinya terlalu rendah
- 3). *Oksigen* konsentrasinya terlalu rendah

Prinsip dari *inert gas system* adalah untuk mempertahankan kadar oksigen yang rendah dalam tangki sehingga tidak memungkinkan timbulnya kebakaran. *Purging* pada tangki-tangki muatan yang kosong dengan maksud menggantikan campuran *hidrocarbon* gas dengan *inert* gas agar bisa mengurangi konsentrasi atau kadar hidrokarbon dibawah garis yang disebut batas kritis (*critical dilution*), kalau sampai ada udara segar menyelinap masuk kedalam tangki tersebut maka kondisi atmosfer dalam tangki akan segera masuk ke dalam kantong dimana campuran ini dapat terbakar atau meledak.

Pada umumnya *inert gas* menggunakan gas buang (*flue gases*) dari boiler atau boiler bantu yang khusus dipasang untuk *inert gas system* saja, karena kadar oksigen dalam gas buang dari boiler cukup rendah. Jadi *inert gas system* adalah suatu sistem dengan memasukkan *inert gas* atau gas lembam yang biasanya dari gas buang ke dalam tangki muat untuk mendesak udara terutama *oksigen* keluar dari tangki, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya kebakaran atau ledakan

dalam tangki-tangki muat tersebut. Sebagai gambaran, menurut IGS OTT modul-3 (2000:14), berikut ini adalah komposisi dari gas buang tersebut :

- 1). *Carbon dioxide* (CO<sub>2</sub>) kadarnya 12% - 14½ %
- 2). *Oxigen* (O<sub>2</sub>) kadarnya 2 ½ % - 4 ½ %
- 3). *Sulphur Dioxide* (SO<sub>2</sub>) kadarnya 0,02% - 0,03%
- 4). *Nitrogen* (N<sub>2</sub>) kadarnya ± 77%

d. Metode Untuk Memasukkan *Inert Gas system* Dalam Tangki Muat

Menurut Diklat Khusus Perkapalan Pertamina (2000:17-18) Ada 3 macam jalan (*operation*) dilakukan dalam pergantian *atmosfir* dalam tangki sebagai berikut :

- 1). *Inerting* : Kadar O<sub>2</sub> dalam tangki dikurangi dengan jalan memasukkan *inert gas* kedalam tangki.
- 2). *Purging* : Mengurangi kadar gas *hidrocarbon* dalam tangki dengan memasukkan lagi *inert gas* (untuk mendesak keluar gas *hidrocarbon*).
- 3). *Gas Freeing* : Dengan mengeluarkan campuran-campuran gas tersebut di atas (*inert gas*+sisa hidrokarbon) dengan memasukkan udara segar.

Untuk pergantian *atmosfir* dalam tangki ada dua cara yang bisa dilakukan selama ini yaitu *dilution* dengan cara pencampuran dan *displacement* dengan proses pergantian secara teratur (mendesak secara teratur gas keluar dari tangki).

1). Proses pencampuran (*Dilution process*)

Yang perlu diperhatikan dalam proses ini adalah *inert gas* yang dimasukkan dalam tangki harus dengan kecepatan tinggi sehingga dapat mencapai dasar tangki untuk mendesak keluar gas hidrokarbon. Dengan cara ini akan terjadi campuran gas yang akhirnya campuran-campuran gas tersebut terdesak keluar dengan masuknya *inert gas* lebih banyak. Jadi perlu diperhatikan mengenai kesanggupan dari *inert gas* yang diperlukan.

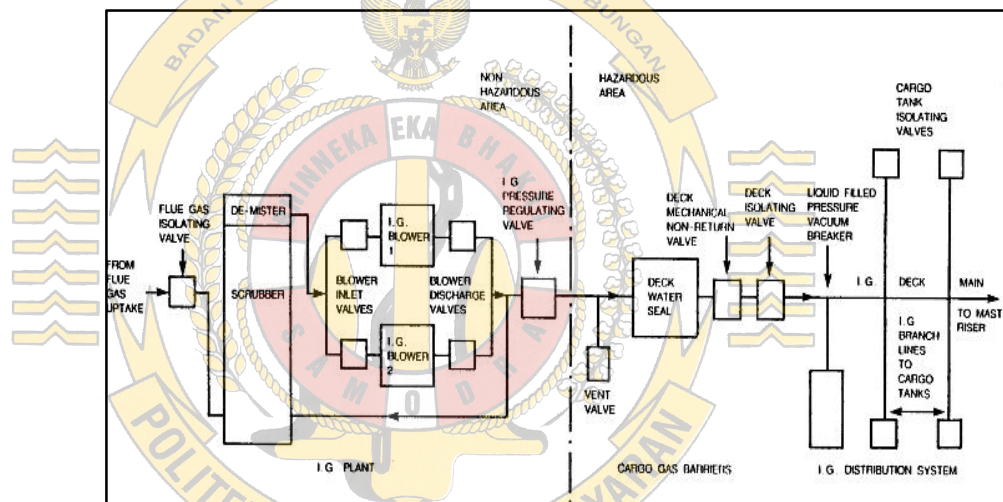
2). Proses pergantian (*Displacement*)

*Inert gas* yang dimasukkan ke dalam tangki muat, dimasukkan secara vertikal sehingga gas yang lebih berat dalam tangki muat akan terdesak ke dasar tangki kemudian secara teratur keluar dari pipa (*purging pipe*), sampai tangki muat terisi semua dengan *inert gas*. Cara ini memerlukan kecepatan *inert gas* yang masuk dalam tangki relatif lebih rendah, Sebab itu perlu diyakini bahwa instalasi yang digunakan dapat mengatur pergantian gas secara *displacement* pada seluruh bagian dari tangki muat.

Dua proses ini mempunyai pengaruh yang nyata pada metode pemantauan *atmosfir* tangki dan interpretasi dari hasilnya. Yang terlihat pada instrument pengambilan contoh gas yang tepat, teori dilusi menganggap gas yang masuk bercampur dengan gas asli membentuk campuran *homogen* dalam seluruh bagian tangki. Hasilnya adalah bahwa konsentrasi gas asli menurun secara *eksponensial*. Dalam

praktek kecepatan rata-rata pergantian gas tergantung dari kecepatan volume gas yang masuk, kecepatan masuk dan ukuran tangki untuk penyelesaian pergantian gas adalah penting bahwa kecepatan gas masuk hendaknya cukup tinggi untuk mencapai dasar tangki. Dengan demikian penting untuk menegaskan kemampuan setiap instalasi yang menggunakan prinsip ini untuk mencapai tingkat yang diperlukan untuk pergantian gas diseluruh bagian dalam tangki.

e. Siklus *Inert Gas System*



Sumber : Buku *IGS IMO* Edisi 1990

Gambar 2.1 : Siklus *Inert Gas System*

f. Komponen *Inert Gas System*

Komponen-komponen yang ada pada *inert gas system* serta fungsinya di atas kapal MT. Sungai Gerong adalah sebagai :

1). Generator system

Generator system di kapal yang digunakan untuk menghasilkan uap yang dapat digunakan menjadi gas lembam (*Inert Gas*).

## 2). *Scrubber*

Berfungsi untuk membersihkan gas buang dari ketel uap dan sekaligus mendinginkannya.

## 3). *Demister*

Berfungsi untuk memfilter atau penyaring dari kotoran yang dihasilkan dari sisa pembakaran agar tidak masuk ke dalam tangki muatan.

## 4). *IG Blower*

Berupa kipas atau *fan* yang berfungsi untuk menyalurkan gas lembam (*Inert Gas*) dari *IG Plant* menuju ke *IG distribution area* yang berada di atas dek kapal.

## 5) *Oxygen Analyser*

Alat ini digunakan untuk mengukur kandungan *oksigen* dalam suatu *volume gas* dalam tangki.

## 6). *Deck Water Seal*

Alat untuk mencegah jangan sampai terjadi aliran balik (*backflow*) dari gas *hydrocarbon* dari tangki muatan ke daerah kamar mesin atau daerah-daerah yang seharusnya bebas gas dimana alat *inert gas* terpasang.

## 7). *Deck Isolating Valve*

Berupa katub *Non-Return Valve* yang dibuat untuk mencegah terjadinya aliran balik gas dari tangki muatan dan berada di depan *deck water seal*



### 8). *P/V Valve*

Berupa katub otomatis yang tingginya kurang lebih 2-3 meter dari permukaan dek kapal berfungsi untuk melepaskan *gas* apabila tekanan di dalam tangki muatan melebihi kapasitas dan berfungsi juga untuk menghisap udara bebas apabila ruang tangki muatan mengalami vakum.

## 3. Keselamatan kerja

Menurut Suma'mur(2009:1), keselamatan kerja adalah keselamatan yang berkaitan dengan mesin, pesawat, alat kerja, bahan dan proses pengolahannya, landasan tempat kerja dan lingkungan serta cara-cara melakukan pekerjaan.

Tujuan dari keselamatan kerja menurut Suma'mur(2009:2), adalah :

- a. Melindungi tenaga kerja atas hak keselamatannya dalam melakukan pekerjaan untuk kesejahteraan hidup dan meningkatkan produksi serta prouduktifitas nasional .
- b. Menjamin keselamatan kerja orang lain yang berada ditempat kerja.
- c. Sumber produksi dipelihara dan dipergunakan secara aman dan efisien.

Dari data-data statistik dunia terlihat bahwa terdapat berjuta-juta kecelakaan pada tempat-tempat kerja, oleh sebab itu maka timbul usaha-usaha untuk mencari jalan mencegah kecelakaan sedapat mungkin berdasarkan atas pengalaman-pengalaman dan hasil penyelidikan ahli-ahli keselamatan kerja.

Menurut Badan Diklat Perhubungan Modul-4 (2000:73),  
menerangkan bahwa penyebab terjadinya kecelakaan antara lain:

a. Tindakan tidak aman dari manusia (*unsafe acts*) misal:

- 1). bekerja tanpa wewenang
- 2). menyebabkan alat pelindung tak berfungsi
- 3). menggunakan alat pelindung tak berfungsi
- 4). bekerja/mengoperasikan alat tanpa prosedur yang benar
- 5). melanggar peraturan keselamatan kerja

Seseorang melakukan tindakan tidak aman/kesalahan yang mengakibatkan kecelakaan disebabkan karena:

1). tidak tahu

Yang bersangkutan tidak mengetahui bagaimana melakukan pekerjaan dengan aman dan tidak tahu bahaya-bahaya sehingga terjadi kecelakaan.

2). tidak mampu/tidak bisa

Yang bersangkutan telah mengetahui cara yang aman, bahaya-bahayanya, tetapi karena belum mampu/kurang terampil/kurang ahli, akhirnya melakukan kesalahan dan gagal.

3). tidak mau

Walaupun telah mengetahui dengan jelas cara kerja/peraturan dan bahaya-bahaya yang ada, serta yang bersangkutan mampu/biasa melakukannya, tetapi kemauan tidak ada, akhirnya melakukan kesalahan/mengakibatkan kecelakaan.

b. Keadaan tidak aman (*unsafe condition*) misalnya:

- 1) kerusakan pada mesin yang tidak diperhatikan.
- 2) kerusakan pada alat-alat kerja yang tidak diperbaiki.

Kesalahan tersebut mungkin saja dibuat oleh perencana pabrik, oleh kontraktor yang membangunnya, pembuat mesin-mesin, pengusaha, pimpinan kelompok, pelaksana atau petugas yang melakukan pemeliharaan mesin dan peralatannya.

Pada pokoknya penyebab kecelakaan disini dibatasi menjadi tiga faktor yaitu:

- a. keadaan lingkungan kerja (*work environment*)
- b. keadaan mesin dan alat-alat kerja (*machiner and tools*)
- c. keadaan pekerja sendiri (*human factor*)

Khusus untuk keselamatan kerja diatas kapal, bahaya yang mungkin timbul diatas kapal terdiri dari:

- a. bahaya kecelakaan
- b. bahaya kebakaran
- c. bahaya tenggelam

Untuk mengatasi bahaya-bahaya tersebut maka diadakan :

- a. undang-undang keselamatan kerja.
- b. undang-undang perburuhan.
- c. *Safety Of Life At Sea*( SOLAS).

#### 4. Kapal Tanker

Kapal adalah kendaraan air dengan bentuk jenis apapun, yang digerakkan dengan tenaga mekanik, tenaga angin atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya apung dinamis, kendaraan di permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah (Dep.Hub. 2008)

Menurut Dep.Dik.Nas (2003), jenis kapal menurut fungsinya salah satu Kapal Tanker ialah kapal yang dirancang untuk mengangkut minyak atau produk turunannya. Jenis utama kapal tanker termasuk mengangkut minyak, LNG, LPG. Diantara berbagai jenis kapal tanker menurut kapasitas : ULCC (*Ultra large Crude Carrier*) berkapasitas 500.000 Ton dan VLCC (*Very Large Crude Carrier*) berkapasitas 300.000 Ton. Menurut Badan Diklat Perhubungan (2000 : 9) yang mengacu pada Konvensi International (SOLAS) mensyaratkan bahwa kapal tanker yang pada bulan juni 1983 dengan bobot mati di atas 20.000 ton sudah harus dilengkapi dengan Inert gas System yang merupakan salah satu system pencegah terjadinya kebakaran dan ledakan dalam tangki muatan dengan cara menurunkan kadar konsentrasi oksigen maksimal 8 % (delapan persen) dalam tangki muatan. System pencegah terjadinya kebakaran dan ledakan dalam tangki muatan dengan cara menurunkan kadar konsentrasi oksigen maksimal 8 % dalam tangki muatan.

Jadi dapat disimpulkan dengan kapal tanker merupakan kendaraan air yang memiliki fungsi untuk mengangkut minyak atau produk turunannya dan untuk mengacu pada konvensi Solas bahwa kapal tanker dengan bobot

mati (DWT) 20.000 ton sudah harus dilengkapi dengan *inert gas system* agar dapat mencegahnya terjadi kebakaran dan ledakan dalam tanki muatan.

## B. Definisi Operasional

Dalam penulisan skripsi ini, terdapat istilah-istilah yang digunakan untuk membantu dalam memberikan pengertian. istilah-istilah tersebut adalah sebagai berikut:

1. kondisi lembam (*inert condition*)  
adalah kandungan *oksigen* dalam seluruh *atmosfir* tanki telah dikurangi, dengan memasukkan gas lembam, sampai 8% atau kurang.
2. gas lembam (*inert gas plant*)  
adalah semua perlengkapan yang dipasang khusus untuk menghasilkan gas lembam yang dingin, bersih dan bertekanan serta alat yang mengontrol penyaluran ke dalam sistim tanki muat.
3. sistim distribusi gas lembam (*inerted gas distribution system*)  
adalah semua pemipaan, kerangan-kerangan dan pasangan-pasangan yang berhubungan dengan *distribusi gas* lembam dari plant ke tanki-tanki muat, pembuangan gas ke *atmosfir* dan perlindungan tanki dari tekanan lebih atau *vakum*.
4. sistim gas lembam.  
*plant* (penghasil) gas lembam dengan sistem distribusi gas lembam beserta sarana-sarana untuk mencegah aliran balik yang mengandung

gasmuatan ke ruangan kamar mesin, alat ukur yang tetap maupun jinjing dan alat pengontrol (*Control devices*).

5. pelebaman (*Inerting*).

memasukkan gas lembam ke dalam tangki muatan dengan tujuan untuk mencapai kondisi lembam seperti didefinisikan dalam “kondisi lembam”.

6. pembebasan gas (*Gas freeing*).

memasukkan udara segar ke dalam tangki dengan tujuan mengeluarkan gas-gas yang beracun, yang bisa terbakar dan gas lembam serta meningkatkan kadar oksigen sampai 21 persen dari volume tangki.

7. purging

memasukkan gas lembam ke dalam tangki yang sudah berkondisi lembam dengan tujuan mengurangi kadar *hidrocarbon* yang ada sampai dibawah suatu tingkat yang mana tidak akan mengandung pembakaran jika nanti udara dimasukkan ke dalam tangki.

8. topping up

adalah memasukkan gas lembam ke dalam tanki yang telah dalam kondisi lembam dengan tujuan menaikkan tekanan guna mencegah masuknya udara.

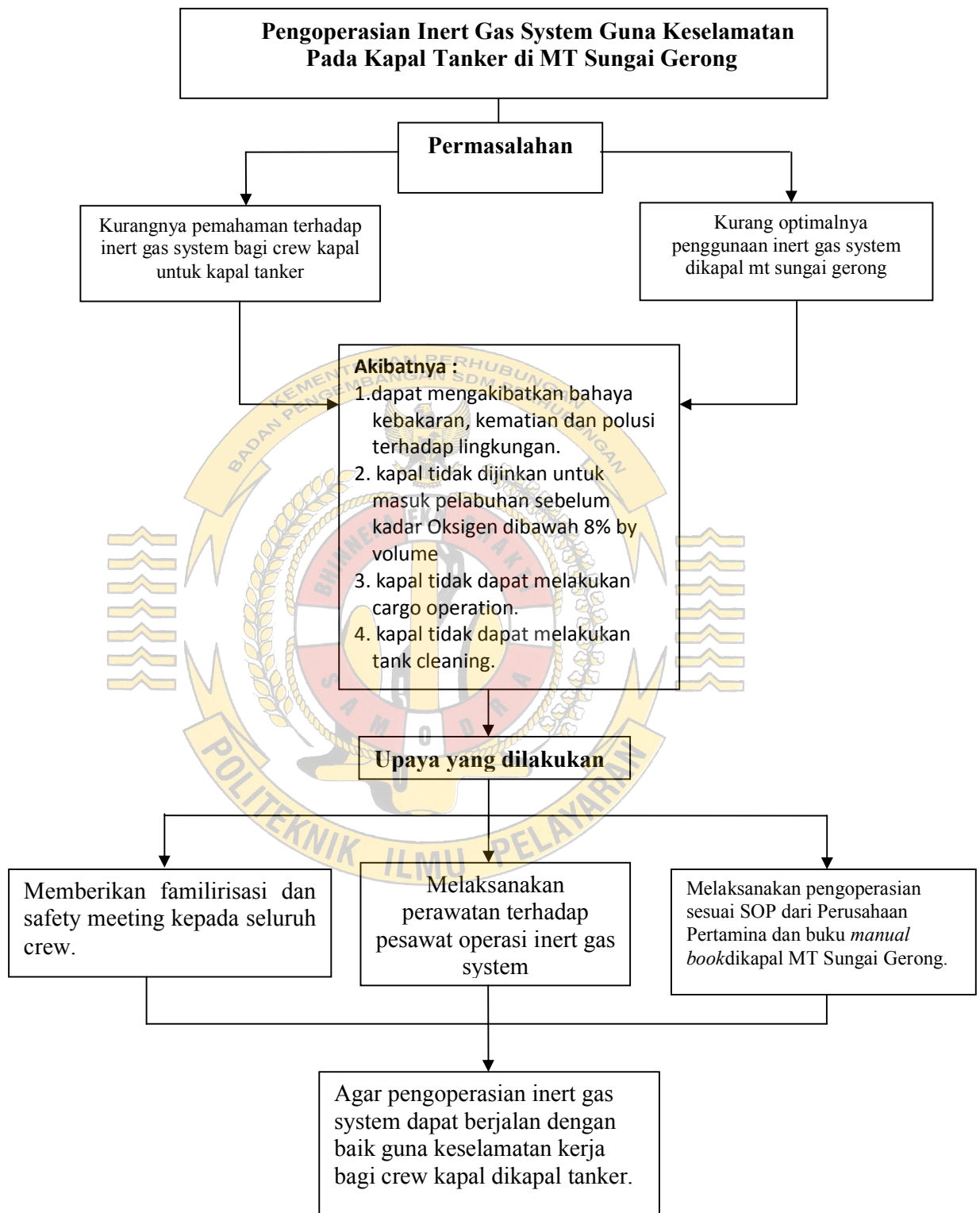
### C.Kerangka pikir Penelitian .

Sebagaimana prinsip dari *inert gas system* adalah untuk menurunkan dan mempertahankan kadar *oksigen* yang rendah dalam tanki sehingga tidak memungkinkan timbulnya ledakan dan kebakaran. Sehingga pengoperasian

terhadap alat tersebut mutlak untuk dilakukan guna menunjang keselamatan kerja, disamping pengoperasiannya hal penting yang juga perlu diperhatikan adalah pengetahuan dan keterampilan anak buah kapal dalam mengoperasikan serta kondisi peralatan dari sistem tersebut. Peralatan yang bekerja dengan baik akan menghasilkan gas lembam yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar oksigen di dalam tanki muatan .



### KERANGKA PIKIR



Gambar 2.2 :Kerangka Pikir Penelitian