

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Pengertian kapal tanker

Pengertian kapal *tanker* adalah alat transportasi yang digunakan untuk mengangkut muatan minyak, tidak hanya dari tempat pengeboran menuju darat, namun *tanker* juga digunakan untuk sarana angkut perdagangan minyak antar pelabuhan atau negara. Kapal *tanker* dibedakan menjadi empat jenis yaitu :

- a. Kapal *tanker* minyak (*oil tanker*) adalah jenis kapal *tanker* yang berfungsi untuk mengangkut minyak. Ada dua jenis kapal *tanker* pengangkut minyak, yaitu kapal *tanker* pengangkut minyak matang atau halus dan kapal *tanker* pengangkut minyak mentah.
- b. Kapal *tanker* bahan kimia (*chemical tanker*) adalah sejenis kapal *tanker* yang berfungsi untuk mengangkut bahan kimia. Populasi *chemical tanker* bisa dikatakan sudah jarang digunakan.
- c. Kapal *tanker* LPG (*LPG tanker*) adalah kapal yang berfungsi membawa gas LPG (*Liquid Petroleum Gas*). Hampir seluruh dunia mempunyai kapal *tanker* LPG.
- d. Kapal *tanker* LNG (*LNG tanker*) adalah salah satu kapal *tanker* gas yang difungsikan untuk membawa LNG (*Liquid Natural Gas*). Kapal LNG tidak jauh berbeda dengan kapal LPG karena sama-sama kapal *tanker* pengangkut gas.

Tank inerting tidak dapat dipisahkan dari operasional kapal dalam mendukung kelancaran proses penanganan muatan dan kelancaran pengoperasian kapal sebagai alat keselamatan untuk mencegah kebakaran atau ledakan.

2. *Inert Gas System*

Inert gas system adalah instalasi permesinan bantu di atas kapal terutama pada kapal *tanker* yang berfungsi untuk memproduksi gas lembam dalam rangka dan upaya untuk mencegah terjadinya ledakan dan kebakaran di atas kapal. Salah satu komponen penting dalam instalasi *IGS* adalah *oxygen dryer* yang berfungsi untuk menyerap kadar air, memisahkan partikel *solid* seperti debu dan kotoran, serta pengikat *oxygen* dengan *molecular filter* yaitu *carbon molecular sieves*. *Carbon molecular sieves* pada *oxygen dryer* terbuat dari *active carbon zeolit* yang mempunyai ukuran mikropori <2nm dan sangat cocok untuk memisahkan molekul pada gas atau *adsorption process* yang mengikat *oxygen* dibantu dengan penekanan serta penurunan suhu sesuai dengan titik didih *minus* masing-masing gas atau proses kriogenik.

3. *Dew point*

Udara memiliki titik dimana udara akan mengembun dan timbul titik-titik air dalam udara tersebut. Dew Point Temperature adalah titik embun udara artinya suhu dimana udara mulai mengembun menimbulkan titik-titik air. Misalnya dew point -20 degC artinya udara hanya akan mengembun menjadi air ketika suhu turun menjadi -20 degC. Titik-titik air tidak akan timbul jika suhunya masih di atas -20 degC.

Dalam buku *manual instruction book of inert gas system Carbotech GmbH Germany* (1999) *inert gas* adalah untuk mempertahankan kadar oksigen yang rendah dalam tangki sehingga tidak memungkinkan timbulnya kebakaran. *Purging* pada tangki muatan yang kosong dengan maksud menggantikan campuran *hydrocarbon* gas dengan *inert gas* agar mengurangi konsentrasi atau kadar *hydrocarbon* di bawah garis yang disebut "*Critical dilution*". Kalau sampai ada udara segar yang menyelinap masuk kedalam tangki tersebut maka kondisi *atmosfir* dalam tangki akan segera masuk dalam kantong dimana campuran ini dapat terbakar atau meledak. Jadi *Inert Gas System* adalah suatu alat sistim dengan memasukkan *gas inert* atau lembam kedalam tangki muatan untuk mendesak udara terutama oksigen ke luar dari dalam tangki, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya kebakaran atau ledakan dalam tangki-tangki muatan tersebut.

Konsep kajian mengenai gas lembam yang dikutip dari buku, Pieter Batti *Inert Gas System & Free Gas* (1983:15) yang menyebutkan bahwa, "Pertama-tama sistem ini digunakan pada kapal-kapal *tanker* di Amerika Serikat sejak tahun 1925, dengan bermacam-macam alasan sistem ini dilupakan atau ditinggalkan selama beberapa tahun.

Perusahaan "Sun Gas" di Philadelphia adalah yang pertama kali menggunakan sistem ini sebagai alat keselamatan pada kapal-kapal *tanker* mereka pada tahun 1932, karena sebelumnya telah terjadi ledakan besar pada salah-satu kapalnya. Sistem yang mereka ciptakan waktu itu begitu sederhana namun terbukti sangat berhasil.

Menyusul kemudian penggunaan sistem ini ditekankan dalam SOLAS Convention 1974 dan peraturan-peraturan serta penggunaannya disempurnakan lagi dalam Konferensi Internasional di London mengenai "*tanker safety and pollution prevention*, atau TSPP Protocol 1978" untuk mengurangi resiko terjadinya suatu kebakaran dan ledakan di atas kapal *tanker* maka perlu ditiadakan sumber api dan udara atau *atmosfer* yang dapat terbakar yang secara bersamaan timbul ditempat yang sama dan pada waktu yang sama, sehingga tindakan kewaspadaan umum diatas kapal *tanker* perlu dilaksanakan dengan tujuan secara lebih ketat meniadakan salah satu dari padanya. (Badan Diklat Perhubungan, 2000:77)

Berdasarkan pernyataan-pernyataan tersebut di atas kebakaran bisa terjadi apabila memenuhi persyaratan dari segi tiga api atau *fire triangle*, yang merupakan syarat-syarat terjadinya suatu kebakaran yaitu apabila ada udara, panas, dan bahan bakar, dalam bahasan ini akan menjelaskan secara

terperinci tentang bagian-bagian pendukung dari *fire triangle* yaitu sebagai berikut:

- a. *Source of ignition* berasal dari percikan api

Disebabkan adanya suatu kabel yang terputus atau terkelupas isolatornya karena arus pendek dan berkontak dengan kabel lain dan menimbulkan percikan api.

- b. *Fuel*

Dalam hal ini *hydrocarbon* yang memenuhi persyaratan yang juga menjadi salah satu yang menimbulkan suatu nyala api yang mengakibatkan kebakaran atau ledakan.

- c. *Oxygen* yang cukup untuk dapat menimbulkan kebakaran.

Apabila salah satu dari ketiga unsur ini tidak ada atau tidak memenuhi persyaratan dalam jumlah atau kadarnya maka tidak akan mengakibatkan kebakaran. Karenanya perlu diketahui sedikit pengetahuan mengenai sumber penyalan (*source of ignition*) yang ada pada umumnya di atas kapal *tanker*, beberapa diantaranya sebagai berikut:

- a. Nyala api terbuka
- b. Partikel-partikel yang terbang; Percikan api dari sumber-sumber mekanis dan pergesekan (alat-alat perkakas tangan).
- c. Senter (*flashlight*); lampu-lampu senter (*battery*) dapat menyebabkan bunga api ke uap yang mudah terbakar.
- d. Perlengkapan domestik.
- e. Antena *radio transmitter* yang berasal dari *handly talky* (HT).

f. Alumunium yang biasanya digunakan sebagai pembalut pipa-pipa *steam* yang ukuran pipanya besar atau biasanya terdapat di cerobong.

g. Pakaian sintetik.

Digunakan untuk semua *crew* kapal dalam bekerja sehari-hari yang sering disebut dengan *wear pack*.

h. Petir/halilintar

Terjadi selama hujan dapat mengakibatkan percikan api yang ditimbulkan dari sinar yang dikeluarkan oleh petir.

i. Listrik statis (Badan Diklat Perhubungan, 2000:78-87)

Pengalaman telah membuktikan bahwa manusia telah bersusah payah untuk membatasi *source of ignition* untuk dihilangkan dari *fire triangle* dalam pengoperasian *tanker* tapi tidak pernah berhasil. (Badan Diklat Perhubungan, 2000:15).

Dengan demikian dapat diketahui bahwa dengan memasukkan gas lembam pada tangki muat gas, ledakan dan kebakaran dalam tangki muat dapat dihindari karena kadar *oxygen* dalam gas tersebut rendah dan dengan masuknya sistem gas lembam tersebut dengan sedikit tekanan akan dapat mendesak *hydrocarbon gas* dari dalam tangki yang disebut “*Lower Flammable Limit*”. Nyala api tidak akan terjadi kalau campuran *oxygen* dan gas *hydrocarbon (fuel)* tidak terdapat dalam daerah “*flammable* atau *explosive*”, bagian terbawah dari daerah (*range*) ini disebut *lower flammable limit* atau LFL. Kalau konsentrasi (kadar) gas *hydrocarbon* di bawah batas ini tidak akan dapat menimbulkan kebakaran (*too lean*).

Batas teratas disebut "*upper flammable limit*" atau UFL. Demikian juga kalau konsentrasi gas *hydrocarbon* diatas batas ini maka juga tidak dapat menimbulkan kebakaran (*too rich*) yang bisa disebabkan karena adanya berbagai hal yang bisa kemungkinan terjadi pada suatu pemésinan. *Flammable range* untuk gas *hydrocarbon* dari bermacam-macam jenis minyak atau petroleum berbeda-beda tapi sesuai pengalaman batas tersebut antara 1,5% sampai 10% *hydrocarbon gas by volume*.

Tangki muat disebut *inerted* kalau kadar O₂ di bawah 8% *by volume*, untuk *hydrocarbon* guna untuk mendapatkan campuran gas *hydrocarbon* dan untuk tidak menimbulkan *ignition* maka satu-satunya jalan adalah mengurangi kadar *hydrocarbon* di bawah batas "*critical dilution line*". Pada keadaan ini maka walaupun ditambah dengan udara segar O₂ tidak akan sampai melalui "*flammable range*". Sampai kadar *oxygen* menjadi 21% *by volume*. Proses ini disebut *gas free for entry the tank*. (Pieter Batti, 1983:21)

Batas bawah dari jangkauan ini disebut "*lower flammable limit*" (batas bakar bawah) adalah suatu konsentrasi *hydrocarbon* yang apabila di bawah dari konsentrasi tersebut *hydrocarbon* tidak mencukupi untuk mendukung pembakaran. Sedangkan batas atas dari jangkauan yang disebut "*upper flammable limit*" (batas bakar atas) adalah sesuatu konsentrasi *hydrocarbon* yang apabila diatas dari konsentrasi tersebut udara tidak cukup untuk mendukung pembakaran *hydrocarbon*. Batas bakar berbeda untuk setiap macam gas *hydrocarbon* murni, dan untuk campuran gas yang dihasilkan dari berbagai macam minyak bumi. Namun demikian di dalam praktik, batas bakar bawah dan batas bakar atas dari berbagai muatan yang dibawa oleh kapal tangki untuk keperluan umum, dapat dipakai 1% dan 10% *hydrocarbon* dari volume. (Badan Diklat Perhubungan, 2000:18).

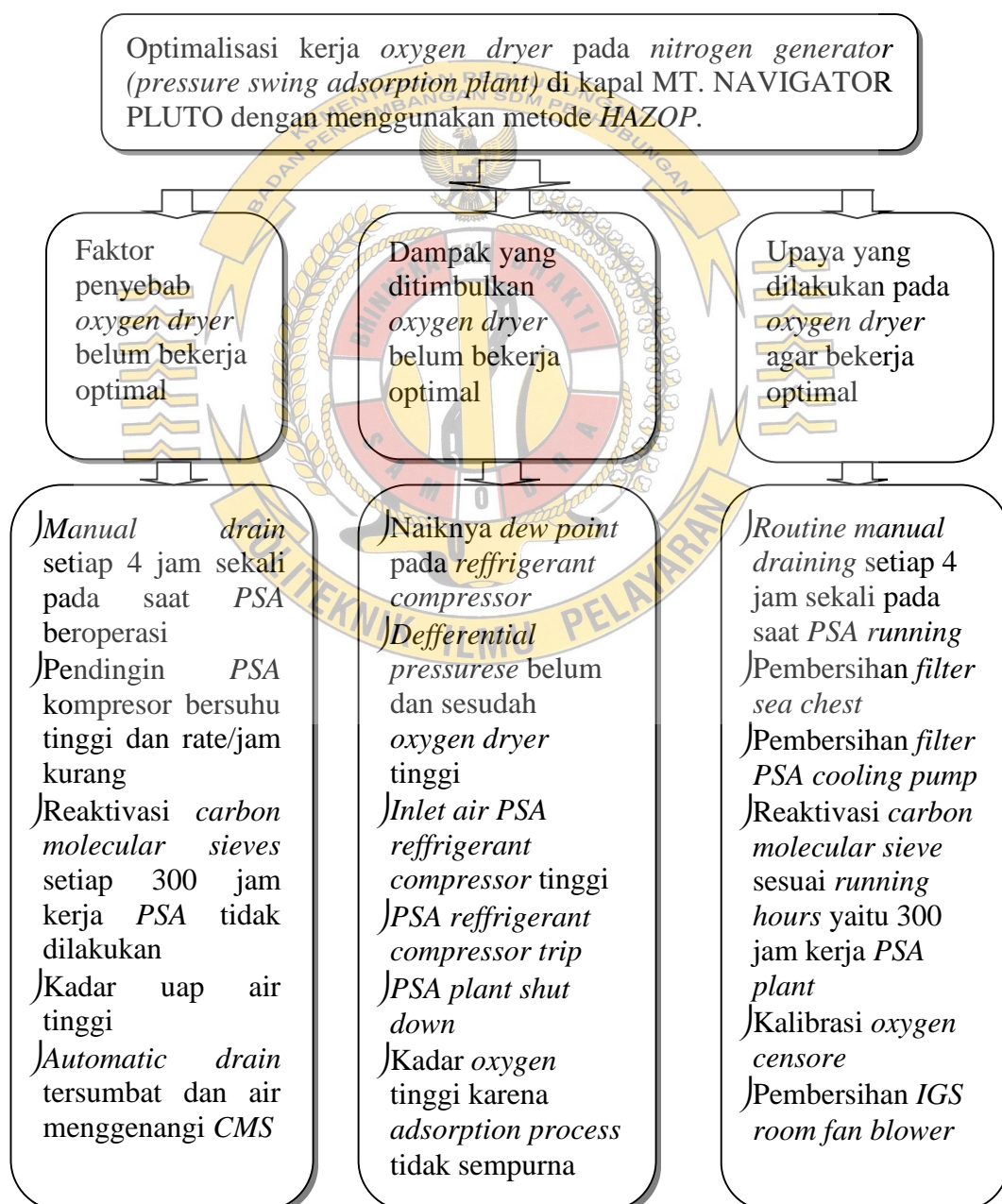
Nitrogen merupakan unsur utama dari udara, terdapat sekitar 78% kandungan *nitrogen* dalam udara. Kandungan *oxygen* dalam udara adalah sekitar 21% dan sisanya adalah uap air, *carbon*, dan *hydrogen*. *Nitrogen* dan *oxygen* bergabung dengan semua unsur-unsur pokok dari udara seperti *hydrogen*, *carbon* dan uap air kemudian udara tersebut diturunkan suhunya pada *refrigerant compressore*, selanjutnya udara dimasukan ke dalam *carbon molecular sieves tank*, *oxygen* akan diikat oleh *carbon molecular sieves* berdasarkan ukuran molekul-molekulnya dan *nitrogen* bebas tidak terikat sehingga terbentuklah gas lembam. (Badan Diklat Perhubungan, 2000:19)

Jadi proses pembakaran adalah suatu reaksi eksotermis yang didukung oleh segitiga api, yaitu suatu reaksi yang mengeluarkan panas

dimana diikuti kenaikan energi panas dan bersamaan dengan itu terjadi pula penguraian energi-energinya sedangkan proses peledakan adalah sebagai proses pertambahan tekanan dan temperatur yang amat sangat cepat sebagai adanya reaksi isothermis atau sebagai pelepasan secara amat cepat. (Badan Diklat Perhubungan, 2000:21-22).

B. Kerangka Pikir

Kerangka pikir adalah kerangka konsep pemecahan masalah yang telah diidentifikasi atau dirumuskan



Inert gas system PSA plant dapat beroperasi dengan baik sehingga proses produksi *nitrogen* maupun *oxygen* menjadi *effective*.

Telah diketahui bahwa prinsip dari sistem gas lembam ini adalah untuk mempertahankan kadar *oxygen* yang rendah di dalam tangki muat sehingga tidak menimbulkan gangguan keselamatan. Tetapi pada kenyataannya walaupun sudah dilengkapi dengan sistem gas lembam masih saja terjadi gangguan keselamatan seperti pada kapal MT. *Betelgeuse* yang meledak di Irlandia (*France Owned Tanker*) 8 Januari 1979 yang mengakibatkan 50 orang meninggal. Hal ini dikarenakan masih adanya kadar/kandungan *oxygen* di dalam tangki muat yang cukup untuk terjadinya proses kebakaran maupun ledakan. (Pieter batti, 1983:19)

Dari hal-hal yang terjadi di atas kita bisa mengetahui dan mengambil pemikiran bahwa terdapat beberapa faktor yang menyebabkan kadar/kandungan *oxygen* yang tinggi akibat masih kurangnya penanganan dalam hal perawatan dan pemeliharaan pada instalasi gas lembam, diantaranya:

1. Masih kurangnya reaktifasi/penggantian terhadap *carbon molecular sieves* pada *oxygen dryer* menurut *running hours* yang sudah ditentukan pada *manual book*.
2. Diperlukannya pemahaman mengenai sistem gas lembam, dalam aspek teori maupun dalam hal perawatan pada sistem instalasi gas lembam.

Dari wacana di atas timbul suatu pemecahan masalah, dan seharusnya dapat dikurangi bahkan dicegah dengan diterapkannya beberapa strategi perawatan yang tepat sesuai kebutuhan dimana efektifitas dan efisiensi dari sistem gas lembam dapat dijaga sehingga dapat memberi dampak yang lebih

baik pada pengoperasian kapal dan meningkatkan upaya keselamatan baik untuk crew di atas kapal maupun permesinan dan lingkungan sekitar yang menjadi prioritas utamanya.

C. Definisi Operasional

Melihat akan kenyataan pentingnya peranan sistem gas lembam pada kapal-kapal *tanker*, menjadikan sistem ini suatu sumbangan yang sangat berharga di dalam dunia pelayaran yang menimbulkan rasa keingintahuan para pembacanya dan untuk mempermudah dalam mempelajarinya maka di bawah ini akan dijelaskan mengenai pengertian dari istilah-istilah yang ada :

1. *Fire point* (titik bakar).

Berarti suhu terendah dimana suatu zat atau bahan bakar cukup mengeluarkan uap dan terbakar/menyala secara terus-menerus bila diberi sumber panas.

2. *Flammable*, berarti mudah menyala.

3. *Flashpoint* (titik nyala).

Berarti suhu terendah dimana suatu cairan mengeluarkan gas yang cukup untuk membentuk suatu campuran gas yang dapat terbakar sesaat jika ada sumber penyalaan. Suhu ini diukur di laboratorium memakai alat yang *standart* dengan mengikuti prosedur yang sudah ditentukan.

4. *Gas freeing* (pembebasan gas).

Berarti memasukkan udara segar ke dalam tangki dengan tujuan mengeluarkan gas-gas beracun, serta meninggalkan kadar *oxygen* sampai 21% dari volume gas yang dihasilkan dari *PSA compressor*.

5. Gas lembam.

Berarti gas atau campuran gas yang tidak cukup mengandung *oxygen* untuk mendukung pembakaran *hydrocarbon*.

6. *Inerting*

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

7. Kebakaran

Berarti bahaya api yang disebabkan oleh terbentuknya proses segitiga api (bahan bakar, panas dan *oxygen*), yang menghasilkan suatu reaksi berantai antara ketiga unsur tersebut secara tepat dan seimbang.

8. Ledakan

Berarti pembakaran yang terjadi dalam ruang tertutup, karena terjadi penambahan tekanan pada ruang tertutup maka mengakibatkan peledakan yang sering terjadi pada daerah di ruang pembakaran.

9. *Inert Gas PSA Plant*

Berarti semua perlengkapan yang dipasang khusus untuk menghasilkan gas lembam yang dingin, bersih dan bertekanan beserta alat yang mengontrol penyalurannya ke dalam sistem tangki muat.

10. *Purging*

Berarti memasukkan gas lembam pada saat tangki dalam keadaan kosong sehingga menjadi lembam.

11. Sistem distribusi gas lembam dan *pure oxygen*

Berarti semua sistem pemipaan, kerangan dan pasangan-pasangan yang berhubungan dengan distribusi gas lembam dari *instalations plant* ke tangki-tangki muatan, pembuangan gas sisa ke atmosfer, distribusi *pure oxygen* ke dalam (*hold space, void space*) dan perlindungan tangki dari tekanan lebih atau vakum.

12. Sistem gas lembam.

Berarti *plant* (penghasil) gas lembam dengan sistem distribusi gas lembam beserta sarana-sarana untuk mencegah aliran balik dari *deck* yang mengandung gas muatan ke ruangan kamar mesin, alat ukur yang tetap maupun jinjing dan alat pengontrol (*control devices*).

13. *Dew point*

Adalah suhu udara saat saturasi atau suhu dimana uap air mulai mengembun ketika campuran udara dan uap air didinginkan. Pada kondisi saturasi, suhu *dew point* = suhu bola basah = suhu bola kering.

Dan berikut adalah pengertian dari pada komponen-komponen utama yang dibutuhkan:

1. *Carbon molecular sieve tank* berbentuk tangki yang terdapat *carbon molecular sieves* di dalamnya.

Adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengikat *oxygen, carbon*, dan uap air.

2. *Non return valve* adalah suatu alat yang berfungsi untuk mencegah kebocoran gas *hydrocarbon* sebagai akibat dari *back flow* dari tangki muatan dan juga untuk mencegah tekanan balik dari *cargo gas*.

3. *Mast riser.*

Berfungsi sebagai pembuang gas terutama pada saat *gassing up*, juga sebagai tempat memasang *safety valve*, biasa disebut *vent valve*.

4. *Control system.*

Adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengontrol bekerjanya alat-alat gas lembam dengan baik dan normal juga untuk memberikan tanda *alarm* bila terjadi hal-hal yang tidak diinginkan.

5. *Oxygen analyzer.*

Adalah suatu alat yang berfungsi untuk secara tetap dapat mengontrol kualitas dari gas lembam dan mempertahankan konsentrasi *oxygen* (O_2) dalam gas tersebut di bawah batas yang ditentukan.

6. *Pressure vacuum breaker (P.V breaker).*

Adalah suatu alat yang berfungsi untuk menjaga tangki muat dari kenaikan atau penurunan tekanan yang tidak normal.

