

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Tinjauan Pustaka

##### 1. Analisis

Menurut Dwi Prastowo Darmnto dan Rifka Julianty (2002:52), analisis adalah pnguraian suatu pokok atas berbagai bagiannya dan penelaahan bagian itu sendiri, serta hubungan antar bagian untuk memperoleh pengertian yang tepat dan pemahaman arti keseluruhan.

Menurut Kamus Bahasa Indonesia edisi baru (2014:45), analisis adalah penyelidikan terhadap suatu peristiwa (karangan, perbuatan, dan sebagainya) untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya (sebab, musabab, duduk perkaranya, dan sebagainya), penguraian suatu pokok atau berbagai bagiannya dan penelaahan bagian itu sendiri serta hubungan antar bagian untuk memperoleh pengertian yang tepat dan pemahaman arti keseluruhan, dikaji sebaik-baiknya, proses pemecahan persoalan yang di mulai dengan dugaan akan kebenarannya.

Berdasarkan definisi di atas dapat disimpulkan bahwa analisis adalah kegiatan untuk memecahkan masalah dan melakukan suatu penyelidikan yang terjadi atas suatu peristiwa. Dalam hal ini peneliti akan memecahkan permasalahan mengenai dampak dari tekanan tangki terhadap muatan LPG *Mix* pada saat bongkar di kapal *fully pressurized gas carrier* Lady Margaux dan bagaimana mengatasi tekanan tinggi yang terjadi terhadap muatan LPG *Mix* pada saat bongkar di kapal *fully pressurized gas carrier* Lady Margaux.

##### 2. Kapal

Dalam UU No. 17 tahun 2008 pasal 36 tentang pelayaran, kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya,

ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah. Dalam COLREG/*Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea* 1972 (2003:6), bahwa kapal meliputi semua jenis pesawat air termasuk pesawat yang tidak memindahkan air dan pesawat-pesawat terbang laut yang dipakai atau dapat dipakai sebagai alat pengangkut di atas air. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, kapal adalah kendaraan pengangkut penumpang dan barang di laut (sungai dan sebagainya). Jadi kesimpulannya, kapal adalah kendaraan angkut yang berada di air dan dilengkapi dengan mesin atau layar untuk penggerakannya.

Kapal memiliki jenis yang beragam, tergantung dari kebutuhan, konstruksi dan fungsi dari kapal itu sendiri. Secara umum, kapal dibedakan menurut jenis muatan yang dapat dibawa yaitu, muatan kering (*dry cargo*) dan muatan cair (*liquid cargo*). Berikut adalah jenis-jenis kapal yang dijelaskan di dalam buku *Ship Knowledge* (2005:52).

a. Muatan kering (*dry cargo*)

Kapal dengan muatan kering adalah kapal-kapal yang dapat membawa muatan dalam keadaan kering, baik dikemas atau curah. Jenis-jenis kapal-kapal *dry cargo*, yaitu:

1) Kapal peti kemas (*container ship*)

Kapal peti kemas (*container ship*) adalah kapal yang memiliki konstruksi khusus yang dapat membawa muatan yang dikemas dalam peti kemas, seperti barang elektronik, pakaian, bahan makanan dan lain-lain.

2) *General cargo ship*

*General cargo ship* adalah kapal yang dapat membawa muatan dalam keadaan curah (*bulk*) dan petikemas (*container*) dalam sekali pelayaran. Berbeda dengan kapal lain, kapal *general cargo* memiliki ukuran yang relatif lebih kecil dibanding kapal peti kemas dan kapal curah sehingga lebih efisien untuk pelayaran sungai dan masuk ke dalam kanal.

3) Kapal curah (*bulk carrier ship*)

Kapal curah adalah kapal dengan desain khusus yang dapat membawa muatan dalam keadaan curah sehingga lebih efisien untuk membawa muatan dalam jumlah yang banyak dan sejenis. Contoh muatan yang dapat dibawa oleh kapal curah adalah biji besi, gula, pupuk, besi bekas dan lain-lain.

b. Muatan cair (*liquid cargo*)

Kapal dengan muatan cair biasanya disebut dengan kapal *tanker*. Kapal tersebut hanya dapat membawa muatan cair dan tidak dapat membawa muatan kering. Berikut adalah jenis-jenis kapal *tanker*:

1) *Crude oil tanker*

*Crude oil tanker* adalah kapal yang membawa muatan minyak dari ladang minyak atau *oil rig*. Secara umum, ukuran kapal ini sangat besar dan memiliki bobot sampai 500.000 ton. Ukuran dari kapal *crude oil tanker* dapat dibedakan menjadi :

- 1) *Ultra Large Crude Carrier* (ULCC), memiliki DWT >300.000 ton.
- 2) *Very Large Crude Carrier* (VLCC), memiliki DWT 200.000 – 300.000 ton.
- 3) *Suez Max*, memiliki DWT antara 150.000 – 160.000 ton.
- 4) *Aframax*, memiliki DWT 105.000 ton.

2) *Product tanker*

*Product tanker* adalah kapal yang membawa muatan yang telah disuling dan diolah. *Product tanker* memiliki banyak *tanki* dan sistem pipa yang berbeda dengan kapal *tanker* lainnya. Normalnya setiap *tanki* memiliki pipa pengisian dan pembongkaran sendiri. Jenis-jenis muatan yang dapat dibawa antara lain MFG, solar, aftur dan lain-lain.

3) *Chemicals tanker*

*Chemicals tanker* pada dasarnya adalah kapal *product tanker* yang memiliki tingkat keamanan yang lebih tinggi dan jenis *tanki* yang tahan terhadap korosi. Muatan digrupkan dari muatan A, B, C dan D, dengan A adalah muatan yang sangat beracun, sedangkan D adalah

yang tidak terlalu beracun. Contoh muatan yang dapat dibawa adalah *acids*, *alkalines*, *alcohol* dan lain-lain.

4) *Gas tanker* atau *gas carrier*

Menurut ISGOTT Code (2010:1), kapal gas adalah sebuah kapal yang dirancang untuk mengangkut gas-gas kimia *LPG* atau *LNG* dalam jumlah besar. Menurut IGC (*International Gas Construction*) Code, *gas carrier* merupakan kapal dengan konstruksi khusus yang dapat mengangkut muatan gas yang dicairkan agar muatan tersebut dapat diangkut dalam jumlah yang besar. Konstruksi pada kapal gas memiliki sistem keamanan yang sangat ketat terhadap kebocoran, tumpahan dan tahan terhadap panas dari suhu luar karena *gas carrier* mencairkan muatan dengan cara ditekan atau didinginkan dibawah suhu  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Dalam *Ships knowledge* (2005:57), *LPG/LNG tanker* adalah kapal *tanker* gas yang pada dasarnya adalah kapal *tanker* kimia, untuk kargo yang akan menjadi gas dibawah suhu lingkungan dan tekanan atmosfer. Muatan akan berubah menjadi cair apabila dalam keadaan ditekan atau didinginkan dengan suhu rendah. Ketika dicairkan volume gas menjadi 1/600 dari volume saat berbentuk gas. Kapal *gas carrier* dapat dibedakan menjadi *LNG carrier*, *fully refrigerated gas carrier*, *semi pressurized gas carrier* dan *fully pressurized gas carrier*.

a) *LNG carrier*

*LNG carrier* memiliki suhu yang sangat rendah yaitu  $-164^{\circ}\text{C}$ . *Tanki* *LNG* berdiri secara *independent* yang dilengkapi dengan membran *tanki*. Kapal *LNG* memiliki muatan yang besar, antara 150.000–300.000 ton. Jenis muatan yang dapat dibawa adalah gas alam (ammonia).

b) *Fully refrigerated gas carrier*

Adalah kapal yang mengangkut muatan dengan suhu rendah. Pada kapal *LPG* yang mengangkut propana, suhu mencapai  $-42^{\circ}\text{C}$ . Konstruksi dari kapal *fully refrigerated gas carrier* lebih besar dibanding dengan *fully pressurized gas carrier* dan *semi pressurized gas carrier* dengan ukuran sampai  $80.000\text{ m}^3$  dan dimuat dengan cara didinginkan sepenuhnya. Kapal ini dibangun untuk membawa gas cair dalam suhu dan tekanan yang rendah. *Tanki* yang berbentuk prisma terbuat dari baja 3.5 persen yang memungkinkan mengangkut muatan dengan suhu  $-48^{\circ}\text{C}$ . Dengan bentuk *tanki*

*prismatic* memungkinkan pengangkutan muatan secara maksimal sehingga sangat cocok mengangkut muatan seperti amonia, vinil klorida dan muatan lainnya dalam jumlah besar.

c) *Semi pressurized gas carrier*

*Semi pressurized gas carrier* adalah campuran antara kapal *fully pressurized gas carrier* dan *fully refrigerated gas carrier*. Kapal ini dibuat ketika ditemuaknya bahan yang sesuai untuk tanki yang dapat mengangkut muatan gas dalam keadaan bertekanan dan dalam suhu yang rendah. Kapal jenis ini memungkinkan untuk membawa lebih dari satu jenis muatan. Kapal dibuat semi bertekanan dengan pengembangan logam yang sesuai untuk menahan gas cair pada suhu rendah dengan memasang baja khusus, ketebalan dari logam penahan tekanan, dan karena adanya berat yang dapat dikurangi. Jenis ini memiliki tanki berbentuk silinder yang memungkinkan mengangkut gas yang memiliki tekanan cukup tinggi dan suhu yang rendah (didinginkan).

d) *Fully pressurized gas carrier*

*Fully pressurized gas carrier* adalah kapal gas yang paling sederhana. Sistem penahanan mereka dan peralatan penanganan muatan telah dibangun selama bertahun-tahun. Membawa muatan pada suhu kamar. Dilengkapi dengan tangki 'C' Tipe (bejana tekan) yang dibuat dalam baja karbon dan memiliki tekanan dengan desain khas sekitar 18 barg. Kapal dibuat dengan tekanan desain yang lebih khusus sehingga kapal dapat menerima muatan pada tekanan hingga 20 barg. Tidak ada insulasi termal atau pabrik pencairan yang diperlukan untuk kapal, dan muatan bisa dilepas dengan menggunakan pompa atau kompresor. Karena memiliki *design* bertekanan, tangki muatan sangat berat. Kapasitas muat kapal *fully pressurize gas carrier* cenderung kecil dengan kapasitas muatan sekitar 4.000-6.000 m<sup>3</sup>, terutama digunakan untuk mengangkut elpji dan amonia. *Ballast* dibawa di dalam *double bottom* dan di atas sayap *tank (wing tank)*. Karena kapal ini dilengkapi dengan Type 'C' sistem penahanan, tidak

ada penghalang sekunder yang diperlukan dan ruang penahannya mungkin memiliki ventilasi udara. Kapal-kapal ini membawa muatan pada kondisi sekitar dan suhu muatan yang mungkin berbeda pada setiap akhir perjalanan.

Dalam buku *Liquefied Gas Handling Principle on Ship and Terminal* (2000:10), transportasi laut gas cair dimulai pada tahun 1934 ketika sebuah perusahaan internasional menempatkan dua gabungan kapal *tanker* minyak/LPG kedalam operasi. Pada dasarnya kapal tanker telah dikonversi dengan memasang bejana bertekanan kecil dan terpaku untuk mengangkut dari terminal ke dalam tangki. LPG tidak hanya berbau tetapi ada yang beracun dan ada yang tidak beracun dan memiliki nilai kalor tinggi serta kandungan sulfur yang rendah sehingga membuatnya sangat bersih dan efisien saat dibakar. Saat ini, pengangkut LPG bertekanan paling lengkap dilengkapi dua atau tiga tangki horisontal, tangki muatan silindris atau bola dan memiliki kapasitas sampai 6.000 m<sup>3</sup>. Beberapa tahun terakhir sejumlah kapal bertekanan penuh telah dibangun tangki berbentuk bola sehingga kapal dapat mengangkut sampai 10.000 m<sup>3</sup> muatan dengan masing-masing menggabungkan lima bola, dibangun oleh sebuah galangan kapal Jepang pada tahun 1987. *Fully pressurized gas carrier* masih dibangun dalam jumlah besar dan merupakan cara yang hemat biaya dan sederhana untuk memindahkan LPG ke dan dari terminal gas yang lebih kecil.

Penelitian ini dilaksanakan diatas kapal LPG/C Lady Margaux yang merupakan kapal pengangk gas dengan tipe *fully pressurized gas carrier*.

### 3. Muatan LPG

*Liquefied petroleum gas* (LPG) adalah nama umum yang diberikan untuk propana, butana dan campuran dari keduanya. Produk ini bisa didapat dari pemurnian minyak mentah. Bila diproduksi

dengan cara ini biasanya dalam bentuk bertekanan. Produksi utama LPG ditemukan di negara-negara produsen minyak bumi. LPG diekstraksi dari aliran gas alam atau minyak mentah. Produk mentahnya terutama metana. Gas petroleum cair adalah campuran dari propana butana (LPG *Mix*). LPG *Mix* disimpan dalam silinder dan dikenal sebagai gas botol, telah digunakan secara luas sebagai bahan bakar untuk pemanas dan memasak di berbagai negara. LPG *Mix* sebagai gas botol juga digunakan di daerah beriklim dingin karena tekanan uapnya lebih cocok dengan lingkungan di sekitarnya.



Gambar 2.1. LPG sebagai gas botol

LPG digunakan untuk pembangkit tenaga listrik dan industri seperti pemotongan logam serta sebagai bahan baku petrokimia.

Sekitar 169 juta ton LPG diproduksi setiap tahun di seluruh dunia dan sekitar 43,7 juta ton diangkut melalui laut.

#### 4. Proses Bongkar Pada Kapal *Fully Pressurized Gas Carrier*

Dalam buku *Liquefied Gas Handling Principles On Ship And In Terminal* (2000:177) dijelaskan bahwa saat sebuah kapal tiba di terminal bongkar, tekanan tangki dan suhu muatan harus sesuai dengan persyaratan terminal. Ini akan sangat membantu aliran muatan tiap jamnya (*rate*) yang harus dicapai. Sebelum proses bongkar dimulai, Nahkoda dan Muallim harus memahami dan menandatangani *discharge plan* agar pada saat proses bongkar dapat berjalan sesuai dengan yang direncanakan dan harus selalu dipantau sepanjang proses bongkar berlangsung. Metode pembongkaran muatan tergantung pada jenis kapal, spesifikasi muatan dan penyimpanannya di terminal. Tiga metode dasar yang dapat digunakan yaitu:

- a. Dilepas menggunakan pompa muatan.
- b. Menekan ruang uap menggunakan *cargo compressor*.
- c. Bongkar melalui pompa muatan dan pemanas muatan.

Pada kapal bertekanan sepenuhnya (*fully pressurized gas carrier* Lady Margaux) proses bongkar menggunakan pompa muatan (*cargo pump*) dengan tipe pompa sentrifugal (*centrifugal pump*). Pompa sentrifugal (*centrifugal pump*) adalah pompa dengan desain khusus untuk membongkar muatan gas yang biasanya dipasang pada kapal-kapal bertekanan sepenuhnya (*fully pressurized gas carrier*). Pompa sentrifugal (*centrifugal pump*) tidak diletakkan di ruang pompa (*pump*



room), melainkan diletakan di atas tanki muatan agar proses penghisapan muatan berjalan maksimal dan untuk menjaga agar tekanan di dalam tanki dan di pipa-pipa bongkar stabil.



Gambar 2.2. Pompa sentrifugal (*centrifugal pump*) di kapal LPG/C Lady Margaux.

Proses pembongkaran muatan dengan pompa sentrifugal (*centrifugal pump*) selalu dimulai dengan katup tertutup, atau sebagian terbuka untuk meminimalkan beban awal. Setelah itu, katup

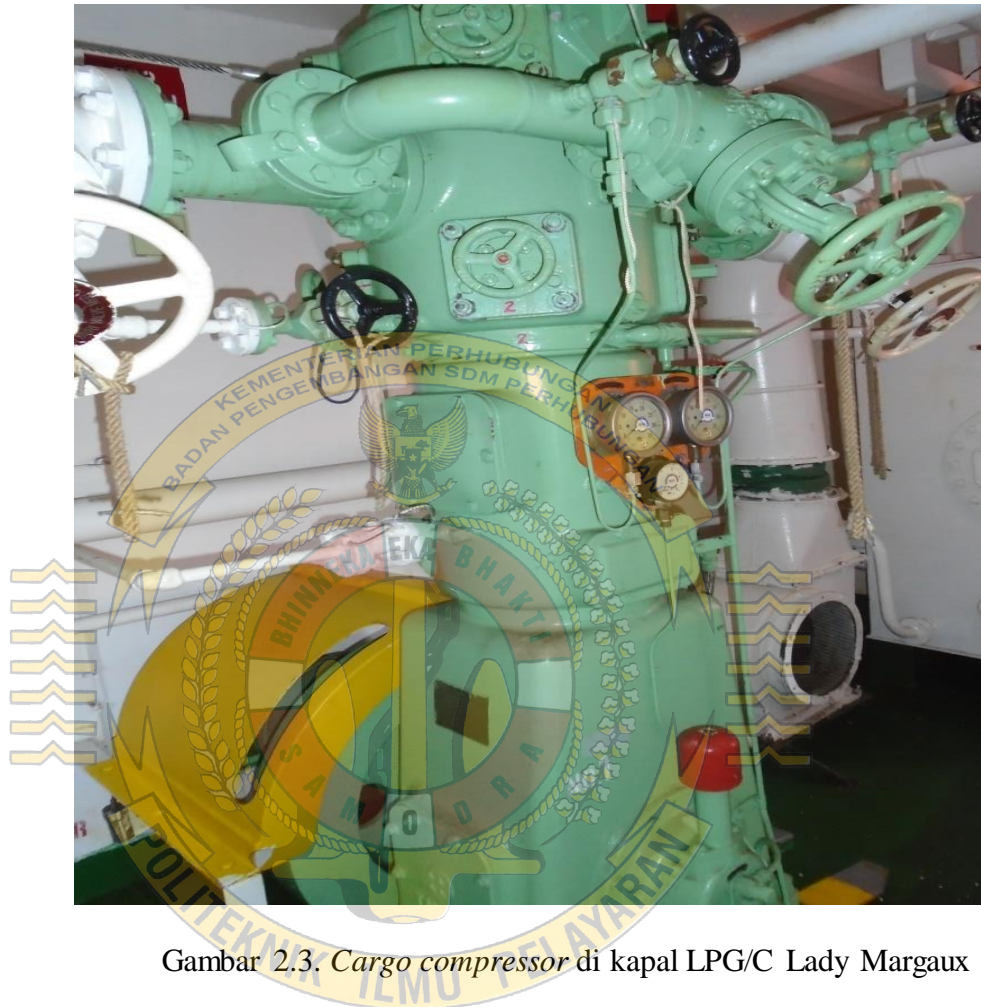
pembuangan secara bertahap dibuka sampai beban pada pompa berada dalam parameter yang aman dan cairan dipindahkan ke terminal. Tingkat cairan di tangki muatan harus selalu dipantau. Poses bongkar harus dilaksanakan dengan hati-hati agar kapal memiliki stabilitas yang baik dan tegangan lambung tidak terlalu besar sehingga kapal selalu dalam keadaan aman. Pengosongan oleh pompa sentrifugal (*centrifugal pump*) adalah metode yang diadopsi oleh kebanyakan kapal bertekanan sepenuhnya (*fully pressurized gas carrier*). Pemahaman tentang karakteristik pompa sentrifugal (*centrifugal pump*) sangat penting untuk memantau aliran muatan agar proses bongkar berjalan efisien. Banyaknya muatan yang mengalir dalam beberapa meter kubik per jamnya harus selalu di kendalikan. Berbagai factor, seperti pasang surut air laut akan berpengaruh terhadap posisi dari *discharge hose* sehingga tekanan di dalam manifold dan pipa dapat berubah sewaktu-waktu yang mempengaruhi aliran muatan sehingga kapal terhindar dari bahaya *back pressure*.

Karena cairan dipompa dari kapal, tekanan tangki cenderung turun (*boil-off*) karena aliran panas melalui isolasi tangki berlangsung terus menerus dan ini menghasilkan uap di dalam tangki (*the boil-off*) sehingga dapat meningkatkan suhu yang ada di dalam tanki yang mengakibatkan muatan cair berubah bentuk menjadi gas dan tekanan

di dalam tanki tetap tinggi walau muatan perlahan berkurang. Pada saat menggunakan pompa muatan (*cargo pump*), beberapa muatan cair akan berubah menjadi gas karena pengaruh dari *the boil-off*. Tekanan tanki akan berubah dari yang telah ditentukan. Oleh sebab itu, muatan gas harus dibongkar menggunakan *cargo compressor* ke terminal agar muatan dapat dibongkar seluruhnya.

Proses bongkar *cargo compressor* hanya mungkin dimana tanki 'C' dipasang. Proses bongkar ini kurang efisien karena metode pelepasan yang lambat dan dibatasi hanya pada kapal-kapal kecil jenis betekanan sepenuhnya (*fully pressurized gas carrier*). Dengan menggunakan proses bongkar ini, tekanan di dalam tanki akan meningkat dan harus dipindahkan ke terminal dengan dihisap oleh *cargo compressor* dan dialirkan ke terminal. Proses bongkar dikatakan kurang efisien karena aliran muatan yang dibongkar oleh *cargo compressor* per jamnya sangat sedikit (proses bongkar berjalan lambat) karena *cargo compressor* melalui beberapa tahapan sebelum akhirnya muatan dapat dibongkar ke terminal, seperti melalui *mist separator* dan lain-lain. Proses bongkar menggunakan *cargo compressor* biasanya disebut dengan *vapor pushing*. Sebelum dilaksanakan *vapor pushing* perlu dipastikan bahwa muatan di dalam tanki benar-benar sudah habis. Tanda apabila cairan di dalam tanki habis adalah pompa muatan akan berhenti karena sudah tidak ada cairan

yang ada di dalam dan *sounding gauge* akan menunjukkan angka 0000 mm.



Gambar 2.3. *Cargo compressor* di kapal LPG/C Lady Margaux



Gambar 2.4. Mist Separator

## B. Definisi Operasional

Definisi operasional adalah definisi praktis/operasional tentang variabel atau istilah lain dalam penelitian yang dipandang penting. Definisi ini dimaksudkan untuk menyamakan persepsi terhadap variabel yang digunakan serta memudahkan pengumpulan dan penganalisaan data. Berikut adalah definisi operasional yang ada dalam skripsi ini:

### 1. *Gas carrier*:

Kapal dengan konstruksi khusus yang dapat mengangkut muatan gas yang dicairkan agar muatan tersebut dapat diangkut dalam jumlah yang besar.

### 2. *Fully pressurised gas carrier*:

Kapal *gas carrier* yang membawa muatan gas dalam *tanki* dalam keadaan bertekan, sehingga muatan berubah menjadi cair didalam *tanki*.

3. *semi prssurised:*

Kapal *LPG carrier* yang memiliki tanki berbentuk silinder, yang memungkinkan mengangkut gas yang memiliki tekanan cukup tinggi dan suhu yang rendah (didinginkan).

4. *fully refrigerated:*

Kapal yang mengangkut muatan gas dimana muatan gas di dalam tanki didinginkan dengan suhu dibawah 0 derajat selsius.

5. *Liquefied petroleum gas (LPG):*

Nama umum yang diberikan untuk propana, butana dan campuran dari keduanya.

6. *Propane:*

Muatan gas yang memiliki rumus senyawa kimia  $C_3H_8$ .

7. *Butane:*

Muatan gas yang memiliki rumus senyawa kimia  $C_4H_{10}$ .

8. *cargo pump:*

Pompa khusus untuk membongkar muatan dalam keadaan cair.

9. *cargo compressor:*

Alat khusus yang digunakan untuk membongkar muatan dalam bentuk gas dengan cara dihisap dari tanki dan dialirkan ke pipa bogkar.

10. *Boil off:*

Turunnya tekanan tanki akibat dari jumlah muatan yang makin berkurang.

11. *Manifold:*

Lubang pipa muatan yang berhubungan dengan tangki muatan, dan menghubungkan dengan fasilitas darat saat proses bongkar muat.

12. *Valve:*

Katup yang lazim terdapat di dekat ujung cabang pipa yang terletak pada setiap tangki.

13. *Chief officer:*

Seorang perwira *deck* yang tingkatannya langsung di bawah Nahkoda dan memiliki tanggung jawab terhadap muatan di atas kapal.

14. *Surveyor:*

Seseorang yang mempunyai wewenang untuk melakukan pemeriksaan (terhadap muatan) dan memutuskan *passed tank inspection*.

15. *Purging :*

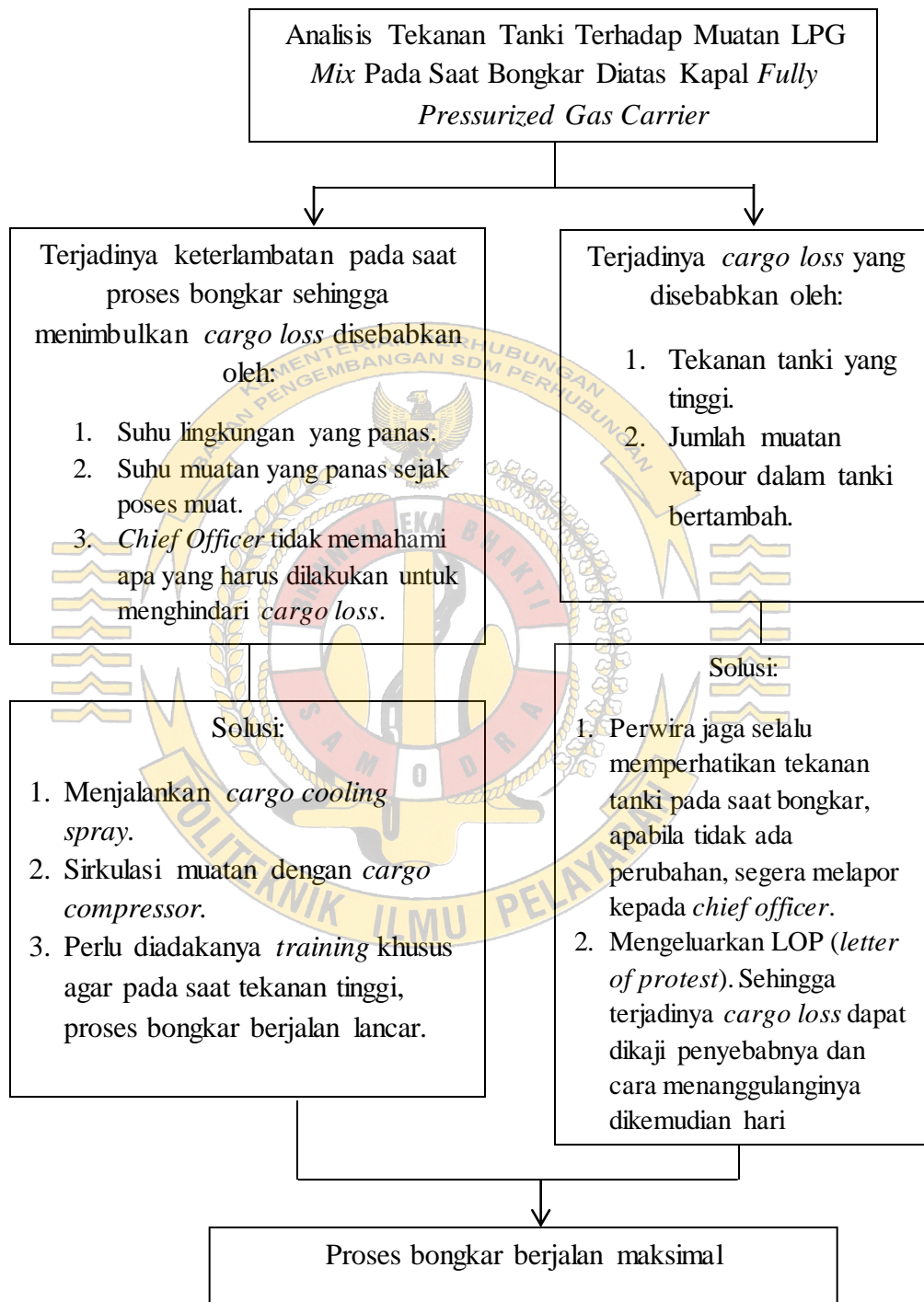
Proses memasukan gas  $N_2$  ke dalam pipa muatan dan tangki muatan yang dilakukan sebelum pemuatan.

16. *Blanketing:*

Proses memasukan gas  $N_2$  ke dalam tangki yang dilakukan setelah selesai pemuatan.

### C. Kerangka Pikir

Berikut adalah kerangka pikir yang digunakan dalam penelitian ini:



Gambar 2.5. Kerangka pikir