

MENCEGAH TERJADINYA VENTING DENGAN MENJAGA TEKANAN CARGO TANK DIKAPAL LNG/C SS. TANGGUH BATUR

Murdiyanto, E^{1*}, Amrullah, R.A², Gaetama, R³

^{1,2,3}Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang

Email : eko.murdiyanto.mpd@gmail.com

Email: romanda40@kap3b.net

Email: riyang4@gmail.com

ABSTRACT

LNG is very dangerous if released in large quantities into the air which can cause damage to the ozone layer and as much as possible the venting process on LNG ships should be avoided unless venting is the last way to release pressure in the cargo tank (cargo space). namely to determine the effect of cargo tank pressure on the occurrence of venting and to determine the efforts to maintain cargo tank pressure to prevent venting on the LNG / C SS Tangguh Batur ship. This study uses a descriptive research method with a qualitative approach because the qualitative approach provides space for researchers and resource persons to express subjective opinions so that they can clarify the understanding of what is being studied from the point of view of the people involved in it based on the results of observations, interviews and literature studies. With shell problem analysis techniques (software, hardware, environment, lifeware). The results obtained are how the pressure of the cargo tank can affect the occurrence of venting, namely if the pressure in the cargo tank continues to increase beyond MARVS, changes in loading rate suddenly, lack of supply of boil-off gas to the engine room.

Keywords: MARVS, Vapor, Venting

ABSTRAK

LNG sangat berbahaya jika dirilis dalam jumlah besar ke udara yang dapat menyebabkan rusaknya lapisan ozon dan sebisa mungkin proses *venting* pada kapal LNG harus dihindari kecuali *venting* adalah jalan terakhir untuk merilis tekanan didalam *cargo tank* (ruang muat). Tujuan dari penelitian yaitu untuk mengetahui pengaruh tekanan *cargo tank* terhadap terjadinya venting dan untuk mengetahui upaya dalam menjaga tekanan *cargo tank* untuk mencegah terjadinya venting di kapal LNG/C SS Tangguh Batur. Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif dengan pendekatan kualitatif karena pendekatan kualitatif memberikan ruang pada peneliti dan narasumber untuk mengemukakan pendapat yang bersifat subjektif sehingga dapat memperjelas pemahaman mengenai hal yang diteliti dari sudut pandang orang yang terlibat didalamnya berdasarkan hasil observasi, wawancara dan studi pustaka. Dengan teknik analisis masalah shel (*software, hardware, environment, lifeware*). Hasil penelitian yang diperoleh adalah bagaimana tekanan tangki muatan dapat mempengaruhi terjadinya *venting* yaitu apabila tekanan didalam tangki muatan terus bertambah melebihi MARVS, perubahan *loading rate* secara tiba-tiba, kurangnya suplai *boil-off gas* ke ruang mesin.

Kata Kunci : MARVS, Vapor, Venting

PENDAHULUAN

Gas alam cair atau LNG (*Liquefied Natural Gas*) adalah suatu gas yang dihasilkan dari proses pendinginan gas alam dengan suhu -163oC pada tekanan atmosfer, maka gas tersebut terkondensasi hingga menjadi liquid atau cairan (Gede Wibawa dan Winarsih, 2013:1).SS. Tangguh Batur merupakan salah satu kapal pengangkut LNG yang dioperasikan oleh sebuah perusahaan yang berasal dari Jepang bernama NYK LINE. Kapal tersebut berbendera Singapura yang merupakan jenis kapal steam ship (kapal bertenaga uap). Pada pelayaran dengan nomor *voyage* 19TB09 pada tanggal 16 Oktober 2019 kapal Tangguh Batur telah selesai memuat LNG full tank di loading port terminal Tangguh, Papua. Pada saat spring line terakhir dilepas, kondisi laut moderate atau mempunyai skala *Beaufort* 3. Kondisi laut demikian normal terjadi di wilayah laut papua, kapal mengalami rolling dan pitching yang walaupun gerakan itu tidak terlalu signifikan tapi mengakibatkan timbulnya alarm pada indikator omicron alarm yang mengindikasikan tekanan pada cargo tank yang sangat tinggi. Alarm ini mengindikasikan tindakan yang harus memaksa dilakukannya venting.

Venting adalah suatu proses pada kapal LNG carrier (pengangkut gas alam cair) yang bertujuan untuk merilis *vapour* (uap) keluar tangki muatan melalui *vent mast* (tiang corong). Perlu diketahui

bahwa LNG sangat berbahaya jika dirilis dalam jumlah besar ke udara yang dapat menyebabkan rusaknya lapisan ozon dan sebisa mungkin proses *venting* pada kapal LNG harus dihindari kecuali venting adalah jalan terakhir untuk merilis tekanan didalam *cargo tank* (ruang muat). Menjaga tekanan didalam ruang muat tetap stabil sangat penting untuk mencegah terjadinya *over pressure tank* (tekanan tangki yang berlebihan) yang dapat memaksa proses venting harus dilakukan guna melindungi kapal sesuai prinsip memuat yang berdampak buruk untuk udara bebas maupun lingkungan. Tujuan penelitian untuk mendapatkan deskripsi tentang tekanan tangki muatan dapat menyebabkan terjadinya *venting* dan upaya menjaga tekanan *cargo tank* untuk mencegah terjadinya *venting* di kapal LNG/C SS Tangguh Batur.

1. Tekanan

Tekanan adalah satuan fisika yang menyatakan gaya (F) per satuan luas (A). Satuan tekanan biasanya digunakan untuk mengukur gas ataupun cairan.

2. Cargo Tank (Tangki Muatan)

Desain dari sistem tangki muatan harus tidak kurang dari desain bangunan kapal itu sendiri. Berdasarkan (*International Gas Carrier Code* 2016:40) struktural ketahanan dari sistem tangki muatan harus bisa melawan kegagalan-kegagalan mode, tetapi tidak terbatas kepada deformasi plastik, tekuk, dan kelelahan.

Tipe tangki muatan untuk kapal gas dibagi dalam beberapa tipe, yaitu:

a. Independent tanks

Menurut (D.J. Eyres dan G.J. Bruce, 2012:35) *independent tanks* adalah tipe tangki muatan yang terpisah dalam arti tidak menjadi satu dengan badan (hull) kapal dan tidak merupakan penguat dari badan kapal tersebut.

b. Membrane tanks

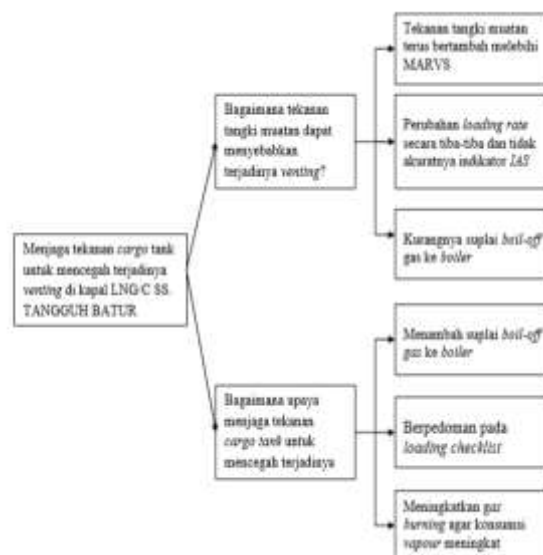
Menurut (Mokhatab, 2014:15) konsep dari system membrane adalah adalah tangki cargo dengan dukungan non-mandiri yang dikelilingi oleh doublehull atau struktur kapal lambung ganda lengkap. Tangki pengurangan membran terdiri dari lapisan tipis logam (primary barrier), penyekat (insulation), membran sekunder (secondary barrier), dan penyekat lebih jauh. Membran dirancang sedemikian rupa sehingga termal dan ekspansi atau konstruksi tanpa tekanan yang berlebihan pada membran.

Berdasarkan pada primary barrier yang sangat tipis, atau membrane yang di support melalui panas oleh badan kapal, tangki tipe membrane tanks harus di lengkapi dengan secondary barrier guna menjamin keutuhan sistem tangki secara keseluruhan pada waktu terjadi kebocoran di primary barrier. LNG/C Tangguh Batur merupakan kapal dengan tipe tangki membrane.

3. Venting

Menurut (Mitropoulos 2016:68) sistem venting dibutuhkan untuk memenuhi regulasi SOLAS. Dibutuhkan untuk mencapai keselamatan di kapal tanker dan bermaksud agar kapal dirawat dengan seharusnya. Untuk memfasilitasi pengurangan uap hidrokarbon ke atmosfer, sistem venting boleh dilakukan untuk melepas vapour (uap) yang mana dengan kecepatan yang rendah, jauh tinggi dari corong pelarnya sedangkan pada kecepatan yang tinggi dari sebuah katup kecepatan tinggi (high velocity valve) lebih dekat ke deck (geladak). Hal tersebut memfasilitasi pengurangan uap karbon di atmosfer dari deck kapal tanker.

Proses Terjadinya Venting menurut Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering, 2010:67 dapat diketahui bahwa venting merupakan suatu proses pelepasan muatan gas (vapour) ke atmosfer yang terjadi saat proses muat, melalui *vent mast* yang terjadi akibat tekanan tangki muat yang



berlebih sehingga pada tekanan 25 kPa yang menyebabkan *cargo relief valve* terbuka dan muatan terdorong keluar.

4. LNG/Liquefied Natural Gas (Gas Alam Cair)

Gas alam cair atau LNG (*Liquefied Natural Gas*) adalah suatu gas yang dihasilkan dari proses pendinginan gas alam dengan suhu -163°C pada tekanan atmosfer, maka gas tersebut terkondensasi hingga menjadi liquid atau cairan (Gede Wibawa dan Winarsih, 2013:1).

5. Muatan Berbahaya

Berdasarkan (SOLAS *Chapter VII Part A Regulation 2*, 2014:283) menjelaskan tentang muatan berbahaya, bahwa kecuali dengan jelas disediakan, bagian ini diterapkan pada pembawaan muatan berbahaya dalam bentuk kemasan pada semua kapal yang menghadirkan peraturan yang diterapkan dan dalam kapal cargo kurang dari 500 GT. Dalam hal ini telah dijelaskan untuk pembawaan muatan berbahaya dalam bentuk kemasan pada semua kapal dan kapal cargo yang memiliki gross tonnage kurang dari 500 ton, harus sesuai dengan IMDG Code seperti yang telah diatur dalam SOLAS *Chapter 7 Part A regulation 1* tentang pengangkutan barang berbahaya dalam bentuk kemasan. penulis mengambil kesimpulan bahwa muatan berbahaya yang ada di kapal LNG/C SS. Tangguh Batur menurut penjelasan sesuai IMDG code diatas, muatan yang diangkut berupa gas alam cair yang termasuk ke dalam kategori muatan berbahaya tipe *flamable gasses* (gas yang mudah menyala) yang sesuai dengan MSDS (*material safety data sheet*) yang ada diatas kapal.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif, karena metode kualitatif memberikan ruang pada peneliti dan narasumber untuk mengemukakan pendapat yang bersifat subjektif sehingga dapat memperjelas pemahaman mengenai hal yang diteliti dari sudut pandang orang yang terlibat didalamnya. Kemudian peneliti menyimpulkan bahwa metode kualitatif berperan sebagai alat untuk menjelaskan suatu keadaan yang tidak dapat dijelaskan dengan angka, dimana menurut (Creswell, 2012:18) pendekatan ini bertujuan untuk memperjelas pemahaman mengenai hal yang diteliti dengan berdasarkan pada pemaknaan terhadap pengalaman individu. Dan fokus penelitian ini mencegah terjadinya *venting* di kapal LNG/C SS. Tangguh Batur. Dimana tempat penelitian dilakukan selama melaksanakan praktek laut di kapal SS. Tangguh Batur milik perusahaan NYK *Shipmanagement*. Kegiatan penelitian ini dilakukan dalam kurun waktu sepuluh bulan dua puluh enam hari disaat masa praktek layar berlangsung, yaitu dari tanggal sign on 18 februari 2018 di Blanglancang, Aceh hingga *sign off* pada tanggal 14 Januari 2020 di Blanglancang, Aceh.

Sumber data penelitian ini adalah primer, dimana data primer itu bertujuan agar memperoleh data yang nyata dari hasil kuesioner, tanya jawab atau wawancara serta observasi di lapangan terkait dengan operasi bongkar muat yang sesuai prosedur untuk menjaga tekanan *cargo tank* untuk mencegah terjadinya *venting* di kapal LNG/C SS. Tangguh Batur. Dan data Sekunder, atau sebuah data yang memiliki suatu bentuk nyata, dari suatu penelitian yang bisa dijadikan acuan penelitian, data sekunder diperoleh dari kajian-kajian pustaka yang diambil dari buku.

Teknik pengumpulan data menurut (Sugiyono 2016:224) adalah metode pengumpulan data dengan langkah yang strategis pada sebuah penelitian, karena tujuan utama dari penelitian adalah mendapatkan data yang akurat. Dalam pengumpulan data dan informasi yang peneliti butuhkan untuk menyusun penelitian digunakan beberapa teknik yaitu 1) observasi untuk mendapatkan atau mengumpulkan data secara langsung selama pelaksanaan praktek laut, terutama mengenai pelaksanaan *Loading Operations*. Yang didalamnya meliputi pencatatan perubahan suhu tangki, tekanan dalam tangki dan perpipaan, flow rate muatan, serta detail catatan waktu. 2) wawancara atau proses tanya jawab dengan menggunakan alat bantu yaitu *Interview Guide* untuk memudahkan peneliti dalam bertanya. Wawancara juga digunakan untuk memberikan bukti dalam mencari pembahasan masalah. dan 3) studi pustaka, dimana teknik tersebut akan menghasilkan pengumpulan data dari sumber tertulis yang relevan dengan penelitian seperti dari buku manual di kapal, catatan dan dokumen yang berada di perpustakaan Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang serta buku-buku yang berkaitan dengan objek penelitian. Antara lain: *IGC Code*, *ISGOTT 5th edition*, *Liquefied Gas Handling Principles*. Penulis juga mencari referensi yang didapat dari website yang diharapkan mampu membantu penulis dalam menyusun skripsi ini.

Analisa data yang dilakukan agar hasilnya mudah difahami dan temuannya dapat diinformasikan dari proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang didapatkan dari hasil wawancara, catatan lapangan, dan bahan-bahan lain. Dimana analisis kualitatif dilakukan dalam 3 tahap yaitu: reduksi data,

sajian data dan menyimpulkan data. Kemudian analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode *SHEL* (*Software, Hardware, Environment, Liveware*) untuk mengidentifikasi masalah yang diteliti.

Secara umum diketahui bahwa sebagian besar kecelakaan dalam pengoperasian terkait dengan kesalahan manusia, sedangkan kegagalan mekanis dalam perawatan sistem saat ini telah mengalami penurunan dengan sejumlah peralatan teknologi yang lebih baik, dengan demikian banyak perusahaan berusaha untuk menerapkan keselamatan dengan pelatihan berdasarkan interaksi dari masing-masing komponen *SHEL*.

Alasan penulis menggunakan metode *SHEL* adalah menurut model ini, manusia bukan satu-satunya penyebab terjadinya suatu kecelakaan. Pada dasarnya manusia cenderung akan berperilaku selamat. Akan tetapi setiap manusia memiliki karakteristik yang berbeda-beda, sehingga dalam bekerja manusia butuh beradaptasi dengan faktor-faktor yang mempengaruhi pekerjaannya agar tidak terjadi kecelakaan. Dengan demikian jika terjadi kecelakaan maka bukan hanya manusia saja yang menjadi penyebab utama sehingga penulis berpendapat bahwa menggunakan metode ini akan lebih baik dalam menganalisis masalah dalam berbagai aspek.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil

Artikel ini mendeskripsikan tentang gambaran umum objek penelitian yang terdapat pada pada judul skripsi yaitu “Menjaga Tekanan *Cargo Tank* Untuk Mencegah Terjadinya *venting* Di Kapal LNG/C SS. Tangguh Batur”. Sehingga dengan adanya gambaran objek penelitian ini pembaca akan lebih mudah dalam memahami dan mengerti permasalahan-permasalahan yang terjadi pada saat peneliti melakukan penelitian di atas kapal SS. Tangguh Batur

Kapal LNG/C Tangguh Batur adalah jenis kapal pengangkut gas alam yang dicairkan, dengan tanda panggilan/*call sign* 9V7631 yang berbendera Singapore. Kapal LNG/C Tangguh Batur dibangun pada tahun 2008 oleh *Daewoo Shipbuilding Marine Engineering*, kapal tersebut menggunakan tenaga mesin utama sistem steam *turbine* dan mempunyai 4 buah tangki berjenis *membrane tank*, dengan kapasitas total 145.700 m³ dan temperatur minimum -163°C. Berdasarkan peristiwa *venting* yang dapat dicegah diatas kapal LNG/C SS. Tangguh Batur peneliti melakukan pengamatan tentang kejadian sebenarnya pada saat itu dan menemukan hasil berdasarkan observasi dan wawancara kemudian diperkuat dengan data studi pustaka yang menggunakan metode deskriptif pendekatan kualitatif dengan teknik analisis data metode shel. Sebagaimana ditunjukkan pada table 1. metode shel terdapat empat komponen yang akan dibahas yaitu: *software, hardware, environment* dan *lifeware*. Peneliti menemukan beberapa faktor yang dapat memicu timbulnya *venting* diatas kapal LNG/C SS. Tangguh Batur.

Tabel 1. Faktor yang Dapat Memicu Timbulnya *Venting* Berdasarkan Metode *Shel*

Faktor Yang Diamati	Kendala Yang Terjadi
<i>Software</i>	a. Erornya sistem <i>IAS</i> pada <i>loading computer</i> b. Tidak akuratnya indikator level muatan di <i>CCR</i>
<i>Hardware</i>	a. Sensor <i>alarm omicron</i> tidak normal b. Prosentase <i>opening filling valve</i> tidak sesuai c. Kesalahan pada <i>High Duty Compressor</i>
<i>Environment</i>	a. Kondisi cuaca saat <i>loading</i> berlangsung
<i>Lifeware</i>	a. Terjadinya miskomunikasi Antara <i>crew</i> di atas <i>deck</i> dengan <i>crew</i> di dalam <i>CCR</i> b. <i>Crew</i> kurang paham terhadap alat dan kurang kerjasama antar <i>crew</i>

a. *Software*

Kendala yang terjadi pada *software* yaitu *erornya* sistem *ias* pada *loading komputer*. Berdasarkan observasi yang penulis lakukan, sistem *display komputer* dalam *IAS* kadang-kadang

mengalami kendala seperti membutuhkan waktu yang lama jika dioperasikan saat mengganti tampilan jendela pada layar. Saat kapal mengalami gerakan seperti *rolling*, *pitching* dan *swaying* komputer akan terus menampilkan total cargo dan ketinggian muatan secara *up to date* yang diterima dari sinyal yang dikirimkan oleh sensor-sensor yang ada di kapal dan pada saat kapal bergerak dengan kecepatan yang tidak menentu maka cargo didalam tank juga akan bergerak secara cepat dikarenakan sifatnya yang berbentuk *liquid* atau cairan.

Begitu pula dengan saat kapal mengisi muatan dari terminal ke dalam tangki muatan, muatan akan masuk kedalam tangki melalui *filling valve* seperti kran air yang mengisi bak mandi, itu artinya muatan didalam tangki juga akan bergejolak dengan cepat jika aliran atau arus liquid yang masuk terlalu cepat. Maka dari itu komputer akan menampilkan perubahan angka-angka tinggi muatan atau level cargo.

Selain itu tidak akuratnya indikator level muatan di CCR, di dalam *cargo control room* (CCR/ruang kontrol muatan) terdapat indikator digital yang terpisah dari loading komputer yang menyatakan atau menunjukkan ketinggian atau level muatan. Pada saat itu, indikator ini mengalami gangguan yang berupa ketidak-akuratan penunjukan ketinggian level muatan didalam tangki muat. Keabnormalan ini terjadi jauh sebelum kapal mengisi muatan pada terminal gas. Maka dari itu kegiatan untuk memantau ketinggian liquid didalam tangki diambil dari komputer IAS (*integrated automated system/sistem otomatis yang terintegrasi*).

b. *Hardware*

Ada beberapa kendala yang terjadi pada hardware diantaranya, sensor alarm omicron tidak normal. *Omicron* adalah suatu sistem alarm independen level ketinggian dan overfilling muatan. Sistem ini terdiri dari detektor yang terpasang di geladak. Sensor ini mendeteksi oksigen, tekanan dan aliran indikator yang berada didalam tangki muatan serta fasilitas elektronik berupa alarm panel yang terpasang di ruang kontrol muatan dengan tampilan status alarm individual. Penggunaan sistem ini bertujuan untuk memenuhi peraturan IMO tentang *International Code for Construction and Equipment of Ships carrying Dangerous Chemicals in Bulk (IBC.Code)*.

Selain itu prosentase opening filling valve tidak sesuai juga berpengaruh. Kesalahan yang terhitung dalam prosentase *opening filling valve* yang berakibat pada tidak stabilnya tekanan tangki pada salah satu tangki muatan, jika tekanan tangki mengalami kenaikan tekanan maka perlu untuk dicek bukaan *filling valve* agar dapat mengurangi tekanan tangki, selain itu juga harus diperhatikan *estimated time for slow down*. Tangki yang terakhir diisi harus nomor 4, tujuannya ketika dilakukan purging dan kapal dibuat trim by head untuk memudahkan liquid mengalir ke tangki nomor.

Kesalahan pada *High Duty Compressor* juga sering terjadi pada IGV (*inlet guide vane*) yang terkadang tidak sesuai dengan indicator pada IAS, *inlet guide vane* merupakan indicator *opening compressor* untuk memompa *vapor* ke darat dengan menggunakan IGV high duty akan menyesuaikan tekanan dan pengeluaran *vapor* ke darat. Pada IAS (*Integrated Automation System*), masalah disebabkan karena pengguna tidak familiar dengan peralatan tersebut. Hal ini menghambat karena menyebabkan pencatatan record tidak bisa dilaksanakan sebagaimana mestinya, sehingga tidak mengetahui progress sejauh mana prosentase LNG di dalam tanki sudah dimuat. Dampaknya, tidak bisa segera mengambil tindakan untuk mempercepat atau menambah rate loding. IAS merupakan komponen penting dalam memonitor jalannya proses pemuatan.

c. *Environment*

Kondisi cuaca saat loading berlangsung juga berpengaruh. pada tanggal 16 Oktober 2019 dengan nomor *voyage* 19TB09 Kapal LNG/C SS. Tangguh Batur melakukan kegiatan *loading operation* di pelabuhan muat terminal Tangguh, Bintuni, Papua dengan rencana akan dibawa ke pelabuhan bongkar Arun Regas Terminal, Blanglancang, Aceh. Perlu diketahui bahwa cuaca di Papua pada saat itu bersuhu 39 hingga 40°C. Pada saat yang sama kapal menerima berita cuaca elektronik dari provider perusahaan (*weathernews*) bahwa telah terjadi angin *cyclone* yang bernama Bualoi. Angin ini bergerak dari atas kepulauan Indonesia menuju negara Jepang.

d. *Lifeware*

Miskomunikasi antara Crew diatas deck dengan Crew didalam CCR sering terjadi, pada saat itu terjadi antara salah satu crew kapal yang bertugas diatas deck dengan *chief officer*. Crew kapal tersebut salah dalam melakukan tugas yang *chief officer* berikan melalui radio. Crew kapal tersebut melakukan kesalahan pada saat membuka *filling valve*, *filling valve* yang dibuka pada

tangki nomor 1 seharusnya adalah 45% tetapi dibuka hingga 80% sehingga *flow liquid* muatan yang masuk ke tangki semakin besar dan mengakibatkan kenaikan tekanan tangki muatan. Berdasarkan wawancara yang dilakukan dengan chief officer untuk menjaga agar *flow liquid* dan tekanan tangki tetap pada batas yang aman maka total *opening filling valve* tidak boleh lebih dari 300% untuk total keseluruhan tangki yang dibuka bertujuan agar menjaga *flow liquid* tetap stabil dan tekanan tangki dapat dikontrol dengan baik.

Selain itu terkadang Crew kurang paham terhadap alat dan kurang kerjasama antar crew. Berdasarkan penelitian yang penulis lakukan kurangnya kerjasama antar crew yang dimaksud adalah tidak adanya *team work* dalam bekerja. Pada kasus ini, crew kurang paham terhadap alat dan kurang kerjasama antar crew terjadi saat kesalahan dalam pembukaan *filling valve* yang seharusnya bisa diminimalisir dengan double check oleh crew yang lain yang ditugaskan diatas deck. Bukti dari hal tersebut adalah selalu diberlakukannya *toolbox meeting* untuk mencegah kurangnya kerjasama antar crew.

2. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan data selama peneliti melakukan penelitian maka peneliti akan memberikan pembahasan mengenai Menjaga Tekanan Cargo Tank Untuk Mencegah Terjadinya Venting di Kapal LNG/C SS Tangguh Batur. Peneliti mendapatkan data melalui observasi, studi pustaka, dan wawancara. Peneliti menggunakan metode shel. Pendekatan metode shel yang digunakan untuk mengelompokkan dan menjabarkan hal-hal yang berkaitan dengan menjaga tekanan cargo tank guna mencegah terjadinya venting di kapal. Dari hasil penelitian yang telah peneliti dapat dan paparkan di dalam analisis masalah diatas, peneliti telah mengelompokkan dan menjabarkan kemungkinan faktor-faktor untuk menjaga tekanan cargo tank guna mencegah terjadinya venting di kapal ke dalam kategori *software, hardware, environment* dan *lifeware*.

a. Tekanan Tangki Muatan Dapat Menyebabkan Terjadinya Venting

Berdasarkan hasil penelitian dan wawancara peneliti di kapal LNG/C SS. Tangguh Batur dengan teknik analisis shel. Dapat diketahui bahwa tekanan tangki muatan adalah hal yang paling berpengaruh dalam *venting*. Berikut adalah beberapa hal yang menyebabkan tangki muatan dapat menyebabkan terjadinya *venting*:

1) Tekanan didalam tangki muatan terus bertambah melebihi MARVS

MARVS merupakan kepanjangan dari Maximum Allowable Relief Valve Setting. Ini adalah batas maksimum ketika tekanan didalam tangki melebihi batas yang ditetapkan, dengan tujuan untuk melindungi kapal dan tangki muatan agar tidak meledak ataupun rusak, vapour didalam tangki muat akan dikirimkan keluar melalui ventmast yang terdapat di tiap-tiap tangki muatan berdasarkan cargo operating manual kapal LNG/C SS. Tangguh Batur.

Nilai MARVS untuk kapal LNG/C SS. Tangguh batur ditetapkan sebesar 25 kPa. Tekanan tangki yang terus bertambah disebabkan oleh beberapa hal yang telah penulis bahas dengan metode shel, yaitu kondisi cuaca saat kegiatan memuat berlangsung, saat kegiatan loading dilaksanakan kondisi cuaca dengan suhu yang panas ditambah dengan kondisi angin dan gelombang tinggi yang menerjang kapal saat kapal memulai pelayaran menuju pelabuhan tujuan ini menyebabkan proses *evaporasi* LNG didalam tangki muatan semakin cepat. Kondisi laut yang bergelombang sebagai efek dari angin kencang tersebut menghasilkan kondisi laut dengan skala beaufort 5 (*rough sea*) yang juga berpengaruh terhadap *rolling, pitching, yawing* kapal. Gerakan-gerakan seperti ini tentu sangat berpengaruh terhadap *evaporasi* LNG yang semakin cepat. Terjadinya miskomunikasi antara crew diatas deck dengan crew didalam CCR serta kurangnya pemahaman alat dan kerjasama antar crew. Kesalahan yang terjadi adalah pada saat *loading operation crew* yang bertugas di deck membuka *filling valve*, sehingga *flow liquid* muatan yang masuk ke tangki semakin besar dan mengakibatkan kenaikan tekanan tangki muatan

2) Perubahan Loading Rate secara tiba-tiba dan tidak akuratnya indicator IAS.

Menurut hasil wawancara yang sudah dilaksanakan peneliti dengan chief officer mengungkapkan “pada saat kegiatan memuat muatan berupa LNG pada tanggal 16 Oktober 2019 terminal Tangguh meminta untuk menaikkan rate loading dari 5.000 m³/h menjadi 7.500 m³/h. Hal ini berdampak pada pengiriman liquid kedalam cargo tank menjadi bergejolak dikarenakan pihak kapal tidak mengurangi pembukaan liquid filling valve sehingga liquid yang turun kedalam tangki muatan bergejolak layaknya jika kita membuka kran air pada ember

menjadi lebih besar secara tiba-tiba”. Perubahan loading rate juga disebabkan oleh kesalahan pembukaan filling valve dikarenakan kesalahan komunikasi antar crew.

Dikarenakan level cargo yang harus ditampilkan oleh loading komputer berubah secara cepat saat kondisi muatan didalam tangki berisi penuh (98%) maka komputer mengalami delay dalam menampilkan alarm yang terjadi saat kapal rolling mengakibatkan muatan bergerak dan level cargo menyentuh level extremely high. Delay atau eror yang ditampilkan oleh komputer tersebut dikarenakan juga usia pakai komputer yang sudah lama sejak 2008. Hal ini juga mempengaruhi kondisi penampilan tekanan yang ada didalam tangki muatan.

Muatan berupa cair yang bergejolak didalam tangki muat mengakibatkan cepatnya evaporasi LNG yang menyebabkan terbentuknya vapour menjadi lebih cepat. Hal ini menimbulkan meningkatnya tekanan didalam tangki muatan yang jika dibiarkan akan menimbulkan tekanan yang over kapasitas dan bisa menimbulkan venting.

3) Kurangnya suplai Boil-Off Gas ke ruang mesin

Sesuai dengan tipe mesin kapal yang berupa steam ship, bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan tenaga mesin penggerak utama adalah berupa vapour atau dalam hal ini disebut *boil-off gas*. *Boil off gas* ini dikirimkan ke ruang mesin lalu diolah oleh boiler untuk menjadi tenaga. Hal ini berkaitan dengan tekanan yang berada didalam tangki muatan kapal. Semua uap atau *vapour* yang ada didalam tangki muatan akan dikirimkan keruang mesin. Tetapi *boiler* tidak bisa mengolah *boil-off gas* yang tersedia jika *vapour* didalam tangki muatan terlalu berlebihan dikarenakan keterbatasan boiler kapal. Oleh karena itu, kecepatan kapal tidak boleh terlalu lambat untuk memproses semua tenaga yang telah dihasilkan oleh *boiler*. Jika boiler tidak bisa menampung semua suplai gas yang ada, maka tekanan gas didalam tangki akan semakin membesar didalam tangki muatan dan bisa melebihi MARVS yang telah ditentukan.

Hal ini diperkuat oleh hasil wawancara dengan Nahkoda kapal SS. Tangguh Batur yang mengungkapkan “To prevent venting we can transfer or send the BOG or *vapour to boiler in engine room using HD compressor. This vapour will be used as fuel to move the vessel, and we can increase our RPM of speed more higher, so the consumption of vapour can be more consumptive so we don't need to dump the BOG from boiler. That's why our vessel cannot moving so slow*”.

Masalah pada High Duty compressor yang sering terjadi adalah pada IGV (*inlet guide vane*) yang terkadang tidak sesuai dengan indicator pada IAS juga menjadi *factor* yang mempengaruhi kurangnya suplai *boil-off gas*.

b. Upaya Menjaga Tekanan *Cargo Tank* Untuk Mencegah Terjadinya *Venting*?

Venting adalah cara terakhir untuk menyelamatkan kapal atau tangki muatan dimana venting tersebut juga berbahaya jika dilakukan. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk menjaga tekanan tangki muatan guna mencegah terjadinya venting. Berdasarkan hasil penelitian dan diperkuat dengan hasil wawancara yang sudah dilakukan oleh peneliti bersama Nahkoda, *chief officer*, dan Gas engineer dikapal SS. Tangguh Batur, maka dapat diketahui bahwa upaya yang dapat dilakukan antara lain :

1) Menambah Suplai *Boil-Off Gas* ke ruang mesin

Seperti yang diketahui bahwa kapal LNG/C SS. Tangguh Batur adalah sebuah kapal uap yang menggunakan mesin dengan jenis turbin. Oleh karena itu kapal LNG/C SS. Tangguh Batur dalam pengoperasiannya menghasilkan tenaga dengan mengkonsumsi bahan bakar berupa vapour yang berasal dari muatan yang berupa LNG (*liquified natural gas / gas* alam yang dicairkan). Berdasarkan penelitian cara untuk mengurangi tekanan gas (*vapour*) yang sudah terbentuk didalam tangki muatan yang dikarenakan oleh beberapa hal yang telah dibahas di hasil penelitian seperti angin kencang, gelombang tinggi, dan kesalahan pembukaan *filling valve* yang membuat gerakan *rolling, pitching, yawing*, surging kapal semakin besar sehingga membuat proses evaporasi LNG menjadi semakin cepat.

Mengatasi hal tersebut supaya tekanan didalam tangki muatan tidak terlalu besar dan tidak mencapai batas maksimal (MARVS 25 kPa) maka tindakan yang dilakukan adalah mengirim *boil-off gas* (*vapour*) ke ruang mesin dan diolah oleh boiler untuk menjadi bahan bakar. Jika *boil-off gas* didalam boiler masih banyak dan tekanan didalam tangki muatan masih terlalu besar, maka untuk mengatasinya adalah dengan meningkatkan rpm kapal sehingga

tenaga yang dibakar akan semakin besar dan konsumsi bahan bakar menjadi semakin banyak. Oleh sebab itu tekanan didalam tangki muatan dapat berkurang dan venting tidak perlu dilakukan.

Hal ini diperkuat dengan hasil wawancara yang peneliti lakukan dengan Nahkoda yang mengatakan "To prevent venting we can transfer or send the BOG or vapour to boiler in engine room using HD compressor. This vapour will be used as fuel to move the vessel, and we can increase our RPM of speed more higher, so the consumption of vapour can be more consumptive so we don't need to dump the BOG from boiler. That's why our vessel cannot moving so slow".

2) Berpedoman pada Loading Checklist

Maximum rate yang bisa pada pelabuhan Bintuni adalah 9000 m³/h dikarenakan hanya mempunyai 2 *liquid line* dan 1 vapor line. Tujuan mengikuti *loading checklist* selain untuk meminimalisir kesalahan juga untuk menjaga dan menghindari terjadinya venting pada pelabuhan. Selain mengikuti prosedur sesuai *loading checklist* adalah kewajiban sesuai SOP di Indonesia dan untuk menghindari terjadinya ESD (*emergency shutdown system*).

3) Meningkatkan gas burning agar konsumsi vapour meningkat

Pada saat kapal Tangguh Batur melakukan pelayaran dengan nomor *voyage* 19TB09. *venting* hampir terjadi dikarenakan indicator pada komputer IAS (*Integrated Automated Systems*) menunjukkan tekanan hampir menyentuh angka 25kPa serta alarm pada IAS berbunyi yang menandakan proses venting diperlukan untuk melepaskan tekanan didalam tangki muatan yang berlebihan.

Tindakan pertama yang dilakukan oleh *chief officer* dengan bukti wawancara yang telah peneliti lakukan adalah *chief officer* tidak sepenuhnya percaya pada alarm tersebut, sehingga *chief officer* melakukan tindakan pencegahan dengan cara meningkatkan gas burning kapal dengan izin Nahkoda sehingga *boiler* akan memproduksi *boil-off gas* lebih banyak, oleh sebab itu tekanan yang ada didalam tangki dikirimkan ke *boiler* lebih banyak sehingga dapat mengurangi tekanan yang ada didalam tangki muatan. Hal ini diperkuat dengan hasil wawancara yang peneliti lakukan dengan *Gas engineer*, yang mengatakan "*Chief officer request* ke nahkoda untuk menambah gas burning kapal sehingga gas yang digunakan bisa lebih banyak. Dan walaupun gas yang kita kirim ke ruang mesin masih terlalu banyak daripada kebutuhan kapal, maka mereka akan melakukan dump gas."

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah didapatkan melalui suatu penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka penulis dapat menarik kesimpulan tentang menjaga tekanan *cargo tank* untuk mencegah terjadinya *venting* di kapal LNG/C SS. Tangguh Batur sebagai berikut :

1. Tekanan tangki muatan dapat menyebabkan venting apabila terjadi :
 - a. Tekanan didalam tangki muatan terus bertambah melebihi MARVS (*maximum allowable relieve valve setting*), yaitu pada kapal SS. Tangguh Batur adalah 25 kPa.
 - b. Perubahan loading rate secara tiba-tiba yang tidak segera ditangani.
 - c. Kurangnya Suplai *boil-off gas* ke boiler.
2. Upaya menjaga tekanan *cargo tank* sehingga *venting* dapat dicegah di kapal LNG/C SS. Tangguh Batur antara lain:
 - a. Memantau tekanan dengan teliti agar tidak menyentuh batas MARVS (*maximum allowable relieve valve setting*).
 - b. Meningkatkan koordinasi antara crew di atas deck dengan crew di dalam CCR agar tidak terjadi miskomunikasi.
 - c. Meningkatkan gas burning kapal agar konsumsi bahan bakar meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Creswell, J. W. (2012). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*. California: SAGE Publications Ltd.
- D.J. Eyres dan G.J. Bruce. (2012). *Ship construction*. Oxford: Elsevier.
- Engineering, D. S. (2010). *Cargo Operating Manual Tangguh Batur*. Bushan: Pentatech Co., LTD.
- Factor, I. H. (2017). *An Introduction to SHEL*.
- Gede Wibawa dan Winarsih . (2013). *Plant Design of Cluster LNG (Liquefied Natural Gas) in Bukit Tua Well, Gresik*. JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, 1.
- Hikmawati, f. (2017). *Bimbingan Konseling*. Jakarta: Rajawali Pers.
- IMO. (2014). *SOLAS-International convention for the Safety of Life at Sea*.
- IMO-IGC. (2016). *IGC Code-International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gasses in Bulk*. London: International Maritime Organization.
- Lloyd, G. (2016). *Liquefied Gas Carriers*. Hamburg: germanischer Lloyd SE.
- Marc E dan Enright Jr. (2015). *Semi Membrane Tanks*.
- Mc Guire and White. (2016). *Liquefied Gas Handling Principles 4rd Edition*. London: Witherby.
- Mokhatab, S. (2014). *Handbook of Liquefied Natural Gas*. Amerika Serikat: Gulf Profesional publication.
- Moleong, I. (2018). *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Sugiyono. (2016). *Metodologi Penelitian Kualitatif Kuantitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.