

## **Analisis Proses Cargo Heating pada Muatan LPG (Propylene) di MT. Coral Monactis**

Egbert Edward Djajasana<sup>1</sup>, Sugiyanto<sup>2</sup>, Bhima Siswa Putra<sup>3</sup>, Wismi Wahari Ningsi<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup> Prodi Nautika

<sup>2</sup> Prodi Ketatalaksanaan Angkutan Laut dan Kepelabuhanan

Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran, Jakarta

Jl. Marunda Makmur No. 1 Cilincing, Jakarta Utara. Jakarta 14150

---

### **Abstrak**

Tingginya permintaan terhadap kebutuhan bahan baku industri berupa gas yang dicairkan menuntut sarana transportasi untuk selalu berkembang mengikuti dinamika pasar global. sehingga diperlukan penanganan dan pengamanan tingkat tinggi untuk membawa muatan gas yang tergolong dalam muatan berbahaya. Antara lain adalah MT. CORAL MONACTIS yaitu salah satu armada yang dimiliki oleh Anthony Veder Rederijzaken B.V. yang bergerak dalam bidang pengapalan gas jenis LPG (Liquified Petroleum Gas) dalam hal ini adalah muatan Propylene yang memiliki titik didih yang sangat rendah hingga  $-48^{\circ}\text{C}$  sehingga diperlukan proses penghangatan muatan (cargo heating) untuk memenuhi permintaan muatan bersuhu hangat hingga  $10^{\circ}\text{C}$ . untuk menjaga kondisi muatan tetap hangat kapal pengangkut gas ini menggunakan cargo heater yang berfungsi untuk menaikkan suhu dan tekanan pada muatan sesuai dengan kebutuhan permintaan kualitas muatan. Dalam proses bongkar muat muatan propylene di MT. CORAL MONACTIS terjadi hambatan berupa pecahnya pipa flow tube pada cargo heater yang disebabkan oleh tersumbatnya pipa flowtube dan suhu air laut yang digunakan sebagai media penghangat tidak sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan, oleh karena itu diperlukan sinergi dari perwira yang bertanggungjawab untuk menjamin perawatan dapat dilakukan secara rutin sesuai dengan ketentuan serta pengawasan dari sistem tersebut yang harus sesuai dengan prosedur standar dan cargo manual book.

---

Copyright © 2019, **Prosiding Seminar Hasil Penelitian Dosen**

**Kata Kunci** : Pengawasan, perawatan, cargo heater

**Permalink/ DOI** : <https://doi.org/10.36101/pcsa.v1i1.90>

---

### **1. PENDAHULUAN**

Perkembangan zaman yang semakin modern menjadikan gas sebagai salah satu faktor utama dalam menunjang kebutuhan industri dan rumah tangga. Permintaan pasar global mengharapkan komoditi yang berkualitas sehingga menuntut sarana transportasi untuk selalu berkembang mengikuti dinamika pasar global.

Aktifitas pendistribusian gas pada saat ini dilakukan oleh kapal yang didesain khusus untuk membawa gas biasanya disebut pengangkut gas (gas carriers) yang dalam hal ini tergolong dalam

muatan berbahaya antara lain salah satu perusahaan pelayaran ternama di Eropa yaitu Anthony Veder Rederijzaken B.V. yang bergerak dalam bidang pengapalan gas yang dicairkan. Tingginya permintaan terhadap bahan baku industri berupa gas yang dicairkan menuntut transportasi bahan baku tersebut untuk berjalan dengan cepat, efisien dan aman, sehingga diperlukan penanganan dan pengamanan tingkat tinggi untuk membawa muatan jenis ini karena kapal pembawa gas memiliki suatu standarisasi yang telah ditetapkan oleh IMO (International Maritime Organization) tentang kapal pembawa gas yang memiliki standar

dalam tingkat keamanan dan pencemaran yang harus dipenuhi oleh setiap kapal pembawa gas pada umumnya.

Anthony Veder Rederijzaken B.V. selalu melakukan inovasi-inovasi pada armadanya yaitu, M.T. CORAL MONACTIS salah satu armada dari perusahaan pelayaran Eropa yang membawa gas yang dicairkan. M.T. CORAL MONACTIS merupakan gas Carrier yang membawa muatan gas yaitu, Propylene, propane, butane, iso-butane dan butadien. Gas-gas yang dicairkan tersebut memiliki titik didih yang sangat rendah sehingga pada suhu ini membutuhkan sistem penghangat muatan (cargo heater) yang harus selalu dalam kondisi kerja maksimum, untuk memenuhi kebutuhan bongkar. M.T. CORAL MONACTIS yang berlayar di daerah perairan yang berada di daerah wilayah Eropa Barat selalu bersinggungan dengan suhu udara yang sangat dingin yaitu berkisar -100C sampai dengan -200C dan 100C sampai dengan 200C Pada musim panas, hal ini menuntut M.T. CORAL MONACTIS untuk selalu menjaga cargo heater tetap dalam kondisi prima sehingga kondisi Muatan tetap stabil, karena apabila terjadi kegagalan dalam cargo heater dapat menimbulkan akibat yang sangat berbahaya sekaligus sangat merugikan bagi perusahaan.

Kegagalan dalam proses penghangatan muatan (cargo heating) dapat menimbulkan perubahan bentuk muatan. Perubahan wujud dari muatan tersebut adalah kondisi yang dikhawatirkan, dan ini terjadi karena suhu muatan pada saat proses memuat rendah dan suhu dalam tangki turun sehingga gas berubah wujud (membeku). Perubahan bentuk dari gas ini dapat menyebabkan polimerisasi. Sehingga tidak tercapainya target muatan yang diminta. Untuk itu perlu dioperasikan cargo heater dalam proses penghangatan muatan (cargo heating).

Pengoperasian cargo heater pada proses penghangatan muatan (cargo heating) harus mengikuti prosedur dasar yang telah ada di atas kapal. Pengoperasian cargo heater pada proses penghangatan muatan (cargo heating) yang tidak mengikuti prosedur dasar serta dilandasi oleh kurangnya pengawasan pada saat pelaksanaan proses cargo heating pada sistem penghangat muatan (cargo heater) di atas kapal akan menyebabkan kerusakan pada indikator

pendukung pada proses cargo heating sehingga menyebabkan proses penghangatan muatan tidak berjalan dengan baik.

Oleh sebab itu maka operator dalam hal ini perwira di atas kapal dari cargo heater tersebut harus memiliki kualifikasi yang sesuai dengan tanggung jawab yang akan operator terima. Operator harus memiliki pengetahuan dasar mengenai pentingnya penerapan prosedur proses penghangatan muatan (cargo heating) serta telah cukup familiar dengan cargo heater yang ada di MT. CORAL MONACTIS.

Apabila terjadi kerusakan pada salah satu indikator pendukung pada proses penghangatan muatan dan penanganan muatan sering mengalami gangguan pada saat melakukan operasi pemuatan atau pembongkaran akan terjadi keterlambatan yang dapat menimbulkan protes dari pihak darat.

Adapun penyebab terjadinya penurunan produktifitas dari sistem di atas adalah:

1. Kurangnya pengawasan terhadap indikator pendukung pada proses Cargo heating, sehingga menyebabkan kerusakan pada cargo heater (pipa flow tube).
2. kurang maksimalnya perawatan terhadap indikator pendukung proses cargo heating yang mengakibatkan tersumbatnya pipa flow tube pada cargo heater.
3. Tidak adanya koordinasi yang tepat antara pihak kapal dan pihak terminal di darat yang menyebabkan terjadinya salah komunikasi pada saat proses cargo heating berlangsung.
4. Kurang siapnya peralatan yang digunakan pada saat proses cargo heating menyebabkan terjadinya keterlambatan pada saat proses bongkar muat.
5. Kurangnya pelatihan yang diberikan kepada para perwira di atas kapal mengenai proses cargo heating menyebabkan kurang siapnya peralatan yang digunakan pada proses cargo heating.

Mengingat luasnya proses cargo heating pada kapal liquefied petroleum gas (LPG) maka yang menjadi batasan permasalahan adalah:

1. Rendahnya pengawasan terhadap indikator pendukung pada proses *Cargo heating*, sehingga menyebabkan kerusakan pada cargo heater (pipa flow tube).

2. Kurang maksimalnya perawatan terhadap indikator pendukung proses cargo heating yang mengakibatkan tersumbatnya pipa flow tube pada cargo heater.

Berdasarkan pada batasan masalah di atas maka rumusan masalah yang dapat peneliti ajukan adalah sebagai berikut:

1. Apakah prosedur cargo heating sudah diterapkan sesuai dengan cargo manual book?
2. Bagaimana pengawasan serta pelatihan kepada para perwira telah dilaksanakan?

Adapun tujuan penelitian dalam menganalisis proses cargo heating yaitu untuk mendepanlitiakan dan menjelaskan mengenai penanganan muatan pada kapal Liquefied Petroleum Gas (LPG) khususnya proses cargo heating pada muatan LPG (propylene) sehingga proses bongkar muat di M.T. CORAL MONACTIS tidak terhambat serta mendepanlitiakan dan menjelaskan pengoperasian kapal-kapal Liquefied Petroleum Gas (LPG) agar dapat memberikan keuntungan kepada pihak perusahaan sebagai operator kapal.

Manfaat dari penelitian proses cargo heating yaitu :

1. Memberikan informasi tambahan dan bahan referensi mengenai proses penanganan muatan pada kapal liquefied petroleum gas (LPG) khususnya proses cargo heating pada muatan liquefied petroleum gas (LPG) di kapal M.T. CORAL MONACTIS.
2. Sebagai bahan pertimbangan dalam mengoperasikan kapal-kapal liquefied petroleum gas (LPG) sehingga dapat memberikan keuntungan kepada pihak perusahaan sebagai operator kapal

## 2. METODE

Penelitian ini dilakukan diatas kapal M.T. CORAL MONACTIS dibawah perusahaan Anthony Veder Rederijazaken B.V. Penelit dilakukan dengan mengamati proses persiapan bongkar muat muatan propylene. dengan menggunakan metode Pendekatan yang didasarkan pada sebuah pendekatan *single cases study*, studi kasus tunggal yaitu suatu penelitian yang arah penelitiannya terpusat pada satu kasus atau satu fenomena maka yang menjadi fokus penelitian atau

subjek penelitian data penelitian ini adalah *cargo heater* di kapal M.T. CORAL MONACTIS.

Dalam hal ini peneliti melakukan pengamatan terhadap penurunan produktifitas indikator proses penghangatan muatan (*cargo heating*) yang diperlukan untuk melakukan proses bongkar muat muatan di MT. CORAL MONACTIS yang kemudian peneliti sajikan dengan menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan menganalisis masalah tersebut dilakukan secara data non-statistik dengan mencari unsur, sifat, dan ciri-ciri serta sebab-akibat suatu fenomena atau objek penelitian. Studi ini juga dilakukan didasarkan atas berbagai sumber dengan tujuan peneliti dapat memperoleh pemahaman utuh dan integrasi mengenai interelasi berbagai fakta dan dimensi dari kasus tersebut untuk menguatkan asumsi dan untuk memahami secara mendetail mengenai hubungan sebab akibat atas peristiwa yang terjadi.

Untuk mendapatkan informasi yang lengkap, objektif, dan dapat dipertanggung jawabkan, sangat diperlukan data agar dapat diolah dan disajikan menjadi suatu gambaran dan pandangan yang jelas dan benar. Untuk mengumpulkan data-data dan informasi yang dibutuhkan, maka peneliti melakukan penelitian dengan beberapa teknik pengumpulan data sebagai berikut :

1. Observasi

Peneliti melakukan pengamatan secara langsung terhadap objek penelitian di atas kapal MT. CORAL MONACTIS.

2. Wawancara

Dalam penelitian ini peneliti sebagai seorang pewawancara melakukan wawancara terhadap responden yaitu salah satu *crew* kapal yang bertanggungjawab atas proses bongkar muat muatan, dengan mengangkat topik penelitian mengenai masalah yang terjadi selama proses bongkar muat yang dilakukan secara langsung oleh peneliti diatas kapal M.T. CORAL MONACTIS.

3. Dokumentasi

Pengumpulan data didapatkan dengan cara mengumpulkan dokumen-dokumen yang berkaitan dengan masalah, mengklasifikasinya, membaca dan menganalisa setiap data yang berkaitan dengan masalah yang diangkat oleh

peneliti. Untuk melengkapi data yang dikumpulkan, peneliti juga menggunakan dokumen yang didapat di kapal M.T. CORAL MONACTIS yang berhubungan dengan penelitian penelitian ini.

#### 4. Studi Pustaka

pengumpulan data dengan bersumberkan dari buku-buku yang relevan dengan topik penelitian yang sedang berlangsung. Teknik ini memberikan pengetahuan teoritis dan dapat dijadikan suatu pegangan kuat untuk mempertahankan argumentasi, karena hal-hal yang dituliskan adalah merupakan hasil dari penelitian yang dilakukan oleh para pakarnya.

### 3. HASIL DAN ANALISIS

Pada penemuan kasus indikator pendukung sistem penghangat pemuatan, peneliti memfokuskan penelitian terhadap rusaknya pipa *flow tube* pada *cargo heater* yang terjadi pada saat proses bongkar muatan akan dijelaskan mengenai jawaban paling esensial mengapa hal tersebut dapat terjadi. Dari penelitian yang dilakukan oleh peneliti didapatkan data-data sebagai berikut :

#### 1. Rendahnya pengawasan terhadap indikator pendukung pada proses *Cargo heating*.

Mengingat bahwa sistem ini merupakan sistem yang tingkat kesulitan yang cukup tinggi dan banyak faktor yang dapat mempengaruhi kinerja dari *cargo heater* salah satunya adalah keadaan alam setempat yang tidak dapat diubah dan diatur sehingga diperlukan suatu pengawasan lebih yang harus dilakukan oleh perwira yang bertanggung jawab pada proses *cargo heating* dan komunikasi dengan perusahaan serta pihak darat atas sistem agar sistem tetap berjalan dengan baik karena instrumen yang terdapat dalam sistem tidak sedikit dan memerlukan suatu perhatian khusus karena jika satu instrumen saja tidak berfungsi secara baik akan menurunkan tingkat produktifitas sistem yang bekerja.

Dalam hal ini tidak semua prosedur pengecekan dilakukan sesuai standar yang ada, dikarenakan asumsi bahwa sistem masih bekerja secara baik . Hal demikian yang membuat terjadinya penurunan produktifitas dari sistem secara perlahan tanpa disadari yang kemudian barulah disadari ketika penurunan kerja sistem yang signifikan mulai terlihat, dan tidak dapat

dilakukan secara cepat karena terlalu banyak hal yang harus investigasi dan diperbaiki dalam sistem. Dengan demikian pelaksanaan yang dilakukan tidak maksimal dan tidak sesuai dengan *safety standard* yang telah ditetapkan. Adapun di bawah ini peneliti memaparkan kekeliruan yang terjadi pada saat pengawasan proses *cargo heating* yang menyebabkan pecahnya pipa *flow tube* pada *cargo heater*, diantaranya:

- a) Pada saat kapal menyandar di pelabuhan TOA Antwerp, Belgia Mualim I menginstruksikan melakukan bongkar muatan dan proses *cargo heating* . Akan tetapi hal tersebut dilakukan dengan suhu lingkungan  $+7^{\circ}\text{C}$ , seharusnya dilakukan peninjauan ulang untuk memutuskan melakukan bongkar muatan dalam kondisi tersebut, sehingga didapat keputusan terbaik.
- b) Mualim I telah mencatat dan mengetahui hal-hal yang harus dilakukan sebelum pelaksanaan proses *cargo heating*. Namun dalam pelaksanaannya Mualim I tidak melakukan pengecekan sesuai dengan aturan-aturan atau prosedur-prosedur yang telah ada, hal ini didasarkan terhadap asumsi bahwa *cargo heater* dalam keadaan baik saat pemakaian sebulan terakhir.
- c) Pada saat berada di pelabuhan, sebelum memulai proses *cargo heating* Mualim I tidak melakukan pengecekan terhadap suhu air laut yang digunakan sebagai media penghangat muatan. Namun pada kondisi ini seharusnya Mualim I melakukan pengawasan terhadap suhu air laut karena Mualim I telah menyadari bahwa kondisi cuaca pada saat itu sedang memasuki musim dingin sehingga suhu udara luar mencapai  $+7^{\circ}\text{C}$ . Temperatur air laut juga akan mempengaruhi *pressure cargo heater* (vakum *catgo heater*). Akan tetapi temperatur air laut ini tidak dapat diatur. Temperatur air laut ini akan berubah tergantung iklim dan lokasi dimana dilakukannya proses *cargo heating*. Temperatur air laut juga sangat berpengaruh terhadap *pressure* atau vakum *cargo heater*, dan pengaruhnya ini sangat signifikan. Sebagaimana *flow rate* air laut, temperatur air laut ini akan berpengaruh pada kecepatan suatu muatan menghangat. Apabila semakin rendah temperatur, muatan yang

masuk akan lebih cepat terkondensasi sehingga *pressure kondensor* akan rendah (vakum tinggi). Seperti yang dijelaskan oleh McGuire and White dalam bukunya yang berjudul *Liquefied Gas Handling Principles and Terminal* (2006:52-53) mengenai hukum gas yang ada kaitannya dengan tekanan dan suhu yaitu, hukum Boyle menyatakan bahwa, pada suhu tetap volume dari massa tetap gas kebalikan dari tekanan absolute. Sedangkan, hukum Charles menyatakan bahwa, pada tekanan tetap volume massa dari gas meningkat  $1/273$  dari volume pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$  untuk peningkatan setiap 1 derajat suhunya. Definisi lain adalah volume gas pada tekanan tetap sebanding dengan suhu absolute. dan dijelaskan pula pada hukum tekanan yang menyatakan bahwa, pada volume tetap, tekanan massa gas meningkat  $1/273$  dari tekanan pada  $0^{\circ}\text{C}$  untuk peningkatan suhu setiap 1 derajat. Definisi lain dapat dinyatakan bahwa tekanan dari massa gas pada volume tetap, sebanding dengan suhu absolute.

- d) Pada saat proses *cargo heating* suhu muatan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan, seharusnya pada kondisi ini perwira melakukan pengawasan terhadap setiap indikator pendukung dalam proses *cargo heating*. Namun pada kondisi tersebut proses *cargo heating* terus dilanjutkan tanpa mengawasi suhu *inlet* air laut dan *flow rate cargo* yang masuk ke dalam *cargo heater*.

## 2. Kurang maksimalnya perawatan terhadap indikator pendukung proses *cargo heating*

Tingkat produktifitas dari sistem *cargo heater* didasarkan atas kondisi yang prima dari setiap instrumen terkait yang termasuk di dalam sistem itu sendiri. Kondisi yang baik dari tiap instrumen tentunya didapatkan dari hasil perawatan yang dilakukan oleh awak kapal namun penurunan kinerja produktifitas sistem dalam mempertahankan kualitas muatan merupakan suatu dampak dari tidak dilakukannya perawatan terhadap tiap instrumen dalam sistem.

Dari pengamatan yang dilakukan terhadap penurunan produktifitas kerja sistem dipengaruhi atas beberapa hal yang sering kali tidak dilakukan

secara rutin untuk merawat setiap instrument. Mengingat bahwa sistem ini merupakan suatu sistem yang kompleks dan banyak hal yang harus di perhatikan dan diperiksa dalam sistem. Maka diperlukan pemahaman dari tiap perwira kapal untuk dapat mengerti cara kerja dari sistem *reliquefaction* sehingga pengecekan, perawatan, dan perbaikan sistem yang kompleks ini tidak hanya dibebankan terhadap satu orang mualim I tetapi terbagi kepada setiap mualim sehingga perawatan sistem yang dilakukan dapat maksimal dan sistem dapat mempertahankan kualitas muatan dengan maksimal meski dengan jumlah aktifitas bongkar muat yang sangat padat. Melakukan familiarisasi dan pelatihan khusus mengenai pengetahuan gas terhadap tiap mualim yang akan bertugas saat serah terima jabatan sehingga tiap tanggungjawab dapat dilakukan dengan baik. Jika diperlukan penambahan tenaga ahli diatas kapal dalam hal ini *gas engineer* menjadi salah satu opsi yang patut diperhitungkan.

Perawatan terhadap sistem *reliquefaction* dalam hal ini adalah *cargo heater* merupakan suatu sistem yang tersusun atas beberapa bagian didalamnya diantaranya terdapat *flow tube* dan *shell*. Kedua bagian ini merupakan salah satu faktor utama indikasi penurunan kerja sistem karena kedua bagian tersebut merupakan bagian yang paling tinggi resikonya untuk terjadi kerusakan, dalam hal ini adalah kebocoran dan pecahnya sistem. Pada masalah *tube flow* ini sering ditemukan kebocoran bahkan berakibat pada pecahnya *tube flow* tersebut karena tekanan tinggi yang sering diterima sehingga diputuskan untuk melakukan perbaikan dan hal ini sering kali terjadi pada saat proses bongkar muat muatan. Hal tersebut mengakibatkan proses bongkar muat muatan menjadi terhambat.



Gambar 1. Tube flow pada cargo heater

Penyebab utama penurunan kerja *cargo heater* adalah kurang maksimalnya perawatan yang dilakukan oleh kru kapal yang bertanggung jawab terhadap proses *cargo heating*. Tidak semua prosedur pengecekan dilakukan sesuai standar yang ada, yang dikarenakan sistem masih bekerja secara baik. Hal demikian yang membuat terjadinya penurunan produktifitas dari sistem secara perlahan tanpa disadari yang kemudian barulah disadari ketikan penurunan kerja sistem yang signifikan mulai terlihat, dan tidak dapat dilakukan secara cepat karena terlalu banyak hal yang harus investigasi dan diperbaiki dalam sistem. Dengan demikian pelaksanaan yang dilakukan tidak maksimal dan tidak sesuai dengan *safety standard* yang telah ditetapkan.

Dengan jadwal aktifitas bongkar muat kapal yang cukup padat, perawatan yang dilakukan terhadap setiap instrument dari sistem reliquefaction harus dilakukan secara tepat dan efisien tanpa meminimalisir prosedur standar yang telah dibuat. Setiap hal yang dilakukan harus didokumentasikan dalam bentuk pencatatan ataupun visualisasi (kondisi normal dan penyimpangan yang terjadi) sebagai suatu bahan pertanggung jawaban untuk melakukan tindakan selanjutnya untuk memastikan sistem dapat bekerja. Kemudian pelaksanaan dari perawatan yang dilakukan harus dievaluasi secara berkala.

Hal tersebut menjadi suatu hal yang sangat sulit untuk dilakukan mengingat waktu yang dibutuhkan untuk melakukan hal tersebut sangat sempit sehingga beberapa prosedur nampaknya tidak dilakukan mengingat harusnya kapal untuk mengikuti proses bongkar muat atas tuntutan dari pencharter. Mengingat bahwa sistem ini merupakan sistem yang tingkat kesulitan yang cukup tinggi, diperlukan suatu pengawasan lebih yang harus dilakukan oleh perusahaan dan komunikasi dengan awak kapal yang bertanggung jawab atas sistem agar sistem tetap berjalan dengan baik karena instrumen yang terdapat dalam sistem tidak sedikit dan memerlukan suatu perhatian khusus karena jika satu instrument saja tidak berfungsi secara baik akan menurunkan tingkat produktifitas sistem yang bekerja.

Terdapat beberapa kesalahan dalam perawatan *cargo heater* sebelum melakukan persiapan dan pengetesan pada proses *cargo*

*heating* sehingga menyebabkan tersumbatnya pipa *flow tube*, diantaranya:

a) Pada saat sebelum melakukan pengetesan *cargo heater*, Mualim I tidak melakukan pengecekan dan pembersihan pada saringan penghisap air laut untuk tiap-tiap pompa pemasok air laut.

Seharusnya tahap ini dilakukan karena saringan tersebut berfungsi untuk menyaring air laut yang masuk ke dalam *cargo heater*. Kotoran dapat menyumbat *flow tube* sehingga menyebabkan aliran laut tidak dapat masuk ke dalam *cargo heater*. Jika aliran air laut yang masuk ke *cargo heater* sedikit maka dapat menyebabkan penurunan tingkat kevakuman *cargo heater*, dalam hal ini terjadinya *Fouling* pada *cargo heater* adanya *fouling* ataupun endapan yang akan menyumbat dan mengotori *tube-tube* dapat terjadi. Hal ini karena air laut yang digunakan sebagai media penghangat banyak mengandung lumpur, sehingga akan banyak terdapat endapan dan kotoran-kotoran yang ikut masuk dan sebagian mengendap pada permukaan *tube-tube* dan pada bagian *cargo heater* lainnya.

*Fouling* yang terjadi pada *cargo heater* ini akan menyebabkan penurunan kinerja sistem. Laju perpindahan panas yang terjadi pada sistem akan berkurang. Pencegahan *fouling* pada sistem sangatlah penting karena secara natural sistem akan memiliki kecenderungan terjadi *fouling*, hal ini media penghangat yang digunakan yaitu air laut yang banyak terdapat endapan dan kotoran-kotoran lainnya.

Berdasarkan proses terbentuknya endapan atau kotoran, faktor pengotoran dibagi menjadi 5 jenis yaitu:

- (1) Pengotoran akibat pengendapan zat padat dalam larutan (*precipitation fouling*). Pengotoran jenis ini biasanya terjadi pada fluida yang mengandung garam-garam yang terendapkan pada suhu tinggi, seperti garam kalsium sulfat, dan lain-lain.
- (2) Pengotoran akibat pengendapan partikel padat dalam fluida (*particulate fouling*). Pengotoran ini terjadi akibat pengumpulan partikel-partikel padat yang terbawa oleh fluida diatas permukaan perpindahan panas, seperti debu, pasir, dan lain-lain.
- (3) Pengotoran akibat reaksi kimia (*chemical reaction fouling*) pengotoran terjadi akibat

reaksi kimia di dalam fluida diatas permukaan perpindahan panas, dimana material bahan permukaan perpindahan panas tidak ikut bereaksi, seperti adanya reaksi polimerisasi.

- (4) Pengotoran akibat korosi (*corrosion fouling*) pengotoran ini terjadi akibat reaksi kimia antara fluida kerja dengan material bahan permukaan perpindahan panas.
  - (5) Pengotoran akibat aktifitas biologi, pengotoran ini berhubungan dengan aktifitas organisme biologis yang terdapat atau terbawa dalam aliran fluida, seperti lumut, jamur, dan lain-lain.
- b) Sebelum melakukan pengetesan, *inlet* dan *water box* seharusnya dibuka sesuai dengan prosedur yang ada.

Mualim I sebagai operator *cargo heater* tidak melaksanakan hal tersebut, sehingga pada saat digunakan terdapat banyak endapan lumpur yang menghambat aliran air laut. Di dalam *cargo heater* yang mengalami kevakuman menyebabkan terjadinya perubahan *flow rate* pada *outlet* air laut hal ini karena *inlet* air laut mempunyai pengaruh pada kevakuman kondensor yang erat kaitannya dengan *flow rate* air laut.

Menurut Rayner Joel dalam bukunya yang berjudul Basic Engineering Thermodynamics 5<sup>th</sup> Edition yaitu persamaan dari rumus perhitungan desain untuk alat penukar kalor kondensor pada dasarnya adalah menentukan koefisien transfer kalor dan luasan transfer kalor (*heat transfer area, A*) persamaan berikut ini yang digunakan,

$$Q = kA \frac{(t_1 - t_2)}{x}$$

dengan

- $k$  = koefisien konduktifitas termal, W/m K  
 $A$  = daerah pemindahan, m<sup>2</sup>  
 $t_1$  = temperatur permukaan masuk, °C  
 $t_2$  = temperatur permukaan keluar, °C

Dalam hal ini koefisien transfer kalor, menggunakan nilai *overall heat transfer coefficients* ( $U_o$ ) yang merupakan gabungan dari faktor konstituen berdasarkan penurunan temperatur (*temperature drop*),  $U_o$  merupakan kombinasi koefisien konveksi pada permukaan kedua sisi. Prinsip perpindahan panas, dimana

terdapat persamaan *energy balance*. Hal ini karena pada *cargo heater* terjadi perpindahan panas antara muatan dan air laut sehingga menyebabkan muatan mengalami perubahan fase menjadi lebih hangat. Adapun persamaan yang dapat dipakai sebagai persamaan dalam kasus tersebut adalah  $Q = M C_p \Delta T$  dimana  $M$  adalah jumlah *flow rate* air laut yang masuk ke *cargo heater*. Dengan asumsi  $C_p$  air laut tetap maka  $\Delta T$  akan berubah mengikuti perubahan *flow rate* air laut sebagai media penghangat. Ketika *flow rate* air laut besar ( $M$ ) atau ketika penurunan selisih temperature *inlet* air laut dan *outlet cargo heater* ( $\Delta T$ ). Dalam pengaturan *flow* air laut, pengaturan dilakukan dengan mengatur pembukaan *valve* untuk mengatur rate muatan dan air laut. Pengaturan ini akan berdampak pada perubahan *pressure inlet* dan *outlet cargo heater*, kecepatan aliran air laut pada *tube flow*, dan *flow rate* air laut ke *cargo heater*.

- c) Pelat-pelat pipa *cargo heater* tidak dibersihkan setelah pengoperasian sebulan terakhir, seharusnya *cargo heater* sudah dilakukan pengecekan terhadap *cargo heater*.

Karena material yang digunakan sebagai bahan untuk *tube* pada *cargo heater* bergantung pada materialnya. Di antaranya adalah aluminium, tembaga, nikel, baja, titanium, dan lain sebagainya. Media penghangatnya berupa air laut. Maka dari itu *tube flow* banyak mengalami kegagalan material seperti korosi dan erosi. Korosi ini disebabkan karena adanya zat dari lingkungan, dalam hal ini adalah air laut. Zat garam yang dibawa air laut misalnya dapat berinteraksi dengan logam pada bahan material *tube flow* dan nantinya menjadi kerak yang lama - kelamaan dibiarkan akan menjadi karat (korosi) yang mengakibatkan pipa *flow tube* tersumbat.

Sedangkan erosi pada *tube flow* disebabkan karena terkikisnya material tube yang semakin hari akan menimbulkan penipisan pada *tube flow* dan dapat berakibat kebocoran pada tube kondensor tersebut. Kebocoran tersebut akan berpengaruh besar dalam kinerja *cargo heater* yang mana juga akan berakibat pada penurunan efisiensi terhadap kinerja sistem.

- d) Endapan kotoran yang masuk ke *tube-tube* akan menghambat aliran air yang masuk melalui *sea chest* kemudian air laut di hisap oleh *main*

*circulating pump* yang memiliki daya hisap yang sangat tinggi.

Kotoran ikut masuk ke dalam *tube-tube* sehingga harus dilakukan pembersihan tiap sebelum penggunaan *cargo heater* agar tidak terjadi penumpukan kotoran yang menyebabkan penyumbatan terhadap *tube flow cargo heater*.

*Main circulating pump* berfungsi untuk menghisap air laut yang akan masuk ke *cargo heater*, dan juga terdapat saringan-saringan yang akan menyaring kotoran yang terkandung dalam air yang akan masuk ke *cargo heater*. Tapi apabila saringan tidak dibersihkan, maka kotoran akan menumpuk dan akan merusak mekanis pada *filter* (lubang) akan mengakibatkan kotoran dapat lolos dan masuk ke kondensor, akibatnya *tube-tube* akan mengalami *plugging* (penyumbatan) dan bisa menyebabkan gangguan perpindahan panas yang secara langsung juga berkibat pada buruknya kevakuman pada *cargo heater*.

Dari pembahasan analisis diatas, dengan mempertimbangkan situasi dan kondisi kapal agar dapat menunjang proses bongkar muat muatan dengan lancar sesuai dengan ketentuan dan prosedur standar yang telah ditetapkan dan pengalaman yang didapatkan diatas kapal untuk menghasilkan pengoperasian sistem penghangatan muatan ini dapat berjalan dengan optimal sehingga menunjang aktifitas pengaturan muatan serta memberikan kemudahan kepada setiap pihak yang terkait pada sistem ini.

Tindakan untuk dapat menyelesaikan masalah ini adalah dengan melakukan penerapan prosedur yang sesuai dengan standar untuk melakukan perawatan serta pengawasan yang tepat. Tindakan tersebut memberikan suatu dampak pada efektifitas kerja dari kru kapal sehingga dapat meminimalisir resiko terhambatnya proses bongkar muat muatan.

Kemudian, Setiap perbaikan manajemen prosedur perawatan yang dilakukan pada sistem harus selalu dievaluasi dari waktu ke waktu yang bertujuan untuk mengoptimalkan perawatan agar dilakukan dengan waktu yang lebih optimal dan tidak mengganggu jadwal proses bongkar muat, namun tetap memperhatikan prosedur standar yang harus dilakukan. Dari analisis yang telah dilakukan analisis proses *cargo heating* di M.T. CORAL

MONACTIS yaitu menerapkan prosedur *cargo heating* yang sesuai dengan *cargo manual book*.

Penerapan standar operasional dalam pengoperasian sistem penghangatan muatan (*cargo heater*) yang baku akan memberikan persepsi dan kaidah yang jelas bagi setiap perwira kapal dalam melakukan pengaturan muatan sehingga diharapkan tidak terjadi penundaaan terhadap proses bongkar muatan karena ketidaksiapan kapal berkaitan dengan kualitas muatan (*boiling point*) yang belum sesuai dengan permintaan terminal.

Berikut adalah prosedur standar untuk mengaktifkan sistem penghangatan muatan yang sesuai dengan buku manual :

- a. Variabel kapasitas *cargo heater* telah diatur pada posisi manual pada kapasitas minimal
- b. Jika membawa dua jenis muatan, segregasi atau pemisahan harus selalu dipertahankan selama melakukan berbagai proses (muat, bongkar, line clearance),
- c. Sistem pendeteksi gas harus dalam keadaan aktif untuk ruangan pengoperasian sistem reliquefaction
- d. Perlengkapan ventilasi untuk sistem penghangatan muatan harus dimulai sebelum beroperasi .
- e. Memperhatikan pada tindakan pencegahan reaktifitas kontaminasi dari es atau pembentukan hidrat.
- f. Mengecek kembali peyetelan semua pipa dan katup sebelum memulai (line up).
- g. tidak mengoperasikan *cargo heater* dengan katup keluaran dalam keadaan tertutup, harus terbuka, dimulai dengan katup penghisap dibuka.
- h. Mengecek kembali sistem penghangatan muatan, instrumentasi, pengontrol dan perlengkapan penghenti *cargo heater* secara berkala.
- i. Menyimpan sebuah catatan yang baik sehingga perubahan yang tak terduga dapat terlihat dengan cepat dan tindakan perbaikan dapat segera diambil.

Prosedur yang disampaikan diatas adalah prosedur standar yang harus dilakukan setiap melakukan aktifasi sistem penghangatan muatan (*cargo heating*) baik saat memuat muatan ataupun dalam perjalanan membawa muatan yang dalam hal ini



tujuan untuk mencapai temperatur muatan atau kualitas muatan yang diinginkan.

Pelaksanaan pengambilan pencatatan dari *cargo heater* yang berjalan harus dilakukan sedikitnya setiap 4 jam sekali. Hal ini dilakukan untuk menjamin bahwa sistem bekerja dengan optimal dan jika terjadi sesuatu hal yang janggal seperti perubahan yang signifikan tekanan dan temperatur pada sistem akan diketahui secara dini dan segera dicarikan solusi dari permasalahan yang ada untuk menjamin sistem tetap bekerja dengan baik.

Pengecekan terhadap tiap instrumen dilakukan setiap mengaktifkan sistem dan saat menonaktifkan sistem. Pengecekan tersebut terdiri atas pengecekan instrumen utama dalam proses *cargo heating* yaitu perawatan yang sering dilakukan pada *cargo heater* antara lain:

1. PM dengan media udara maupun air dan cek untuk sisi dinding (*Preventive Maintenance*) yaitu cek *level* baik sisi *control* maupun sisi mekaniknya.
2. Cek kondisi semua *flange* yang berhubungan dengan *vacuum* maupun sisi airnya.
3. Cek kualitas air *hotwell* (kemungkinan dapat tercampur antara muatan dan air laut bila terjadi *tube flow* bocor atau pecah).
4. *Corrective maintenance* dapat dilakukan bila *tube flow* pecah dengan mematikan salah satu sisi tube.
5. Bila kondisi *overhoul* atau pekerjaan pada saat unit mati dilakukan *cleaning tube* dan juga tes kebocoran dengan cara *hydraulic pressure tube (tube baffle)*.

Pengecekan tersebut menjadi tanggungjawab mualim I sebagai mualim yang bertanggungjawab atas penanganan muatan. Karena sistem merupakan suatu sistem yang paling penting dalam pengaturan muatan LPG, maka keadaan yang baik dari sistem pendukung juga merupakan suatu hal yang mutlak yang harus dipastikan dalam keadaan baik. Komponen pendukung itu seperti berfungsinya sistem alarm, ESD (*Emergency Shut Down*), sistem kontrol dan indikator tekanan dan suhu. Hal ini dilakukan untuk menjamin keselamatan dalam proses pengaturan muatan yang dilakukan. Setiap prosedur harus dilakukan berdasarkan petunjuk manual dari pembuat

peralatan dan aturan yang ditetapkan oleh perusahaan.

Setiap prosedur standar pada proses *cargo heating* harus didepenelitian secara spesifik dan terperinci sesuai dengan *cargo manual book* dari manufaktur perancang sistem tersebut agar tidak terjadi malfungsi terhadap sistem. Perusahaan diharuskan untuk membuat suatu sistem manajemen untuk melakukan perawatan dari peralatan yang terdapat dalam sistem yang terdiri atas prosedur tertulis, sistem kerja, inspeksi dan pengujian yang dimaksudkan untuk memastikan sistem dan setiap instrumen peralatan yang bekerja di dalamnya dapat berfungsi dengan baik.

Setiap kegiatan yang berhubungan dengan pengujian dan inspeksi terhadap sistem harus dilakukan sesuai prosedur yang dibuat oleh perusahaan dan manufaktur pembuat sistem reliquefaction, demikian dengan interval frekuensi dari perawatan yang meliputi inspeksi dan pengujian sistem serta perawatan yang dilakukan harus didasarkan atas *cargo manual book* dari pembuat sistem tersebut. Setiap kekurangan dari kerja sistem atau penyimpangan dari sistem harus dilakukan suatu investigasi terlebih dahulu untuk diadakan suatu tindakan selanjutnya yang akan dilakukan dengan tujuan agar tidak terjadi suatu kesalahan yang menimbulkan bahaya yang mengancam keselamatan pengoperasian sistem. Diperlukan suatu kerjasama antara perusahaan sebagai pengawas dan kru kapal sebagai operator sistem untuk dapat melakukan setiap perannya secara baik untuk menjamin optimalnya kerja sistem.

Pelatihan yang diberikan kepada perwira sebelum naik ke atas kapal diharapkan akan memberikan suatu pengaruh yang besar terhadap kinerja perwira yang bekerja di atas kapal, sehingga setiap perwira setidaknya mempunyai suatu gambaran jelas akan sistem yang berlaku di atas kapal dan pekerjaan yang mereka akan lakukan dengan tujuan untuk meminimalisir waktu familiarisasi bagi perwira yang baru, dan waktu untuk pengerjaan perawatan terhadap instrumen pendukung proses *cargo heater* yang terdapat di atas kapal dapat dibuat efektif dan efisien.

Selain itu peran perwira dalam pengawasan proses *cargo heating* sangat penting hal ini dibagi

menjadi 3 proses pengawasan yaitu sebagai berikut:

a) Pengawasan langsung yaitu dengan melakukan pemeriksaan langsung pada saat proses *cargo heating*, baik dengan sistem *inspektif*, *verifikatif*, maupun dengan sistem *investigatif*.

Metode ini dimasukkan agar segera dapat dilakukan tindakan perbaikan dan penyempurnaan dalam pelaksanaan pekerjaan. Dalam hal ini pada saat melakukan operasi bongkar muat dengan *cargo heating* perwira melakukan pengecekan terhadap suhu air laut yang masuk kedalam *cargo heater*, dan melakukan pengawasan terhadap *flow rate cargo* yang masuk. Pada situasi ini dengan suhu air laut yang dingin perwira harus melakukan proses *cargo heating* dengan *slow rate* yaitu dengan mengalirkan muatan lebih lambat dari biasanya, hal ini dimaksudkan untuk mengimbangi proses penghangatan muatan antara suhu muatan *propylene* yang memiliki suhu yang sangat dingin yaitu  $-47^{\circ}\text{C}$  dan suhu air laut yang kurang dari  $5^{\circ}\text{C}$ .

Indikator yang harus di perhatikan pada saat melakukan proses *cargo heating* adalah:

- 1) Aliran *outlet* dan *inlet* air laut berjalan lancar
  - 2) Suhu air laut tidak kurang dari  $5^{\circ}\text{C}$
  - 3) *Flow cargo* tidak lebih dari  $130\text{ m}^3/\text{hr}$
  - 4) *Flow sea water* tidak lebih dari  $350\text{ m}^3/\text{hr}$
  - 5) Pastikan saringan penghisap untuk tiap-tiap pompa pasokan air dalam keadaan bersih
- b) Pengawasan tidak langsung yaitu melakukan pemeriksaan terhadap pelaksanaan proses *cargo heating* dengan melalui laporan-laporan yang yang diperoleh.

Laporan-laporan tersebut dapat berupa uraian kata-kata deretan angka-angka atau statistik yang berisi gambaran atas hasil pemeriksaan. Hal ini dilakukan dengan Pelaksanaan pengambilan pencatatan dari indikator pendukung pada *cargo heater* yang kemudian dimasukkan kedalam *heating log*. berjalan harus dilakukan sedikitnya setiap 4 jam sekali. Hal ini dilakukan untuk menjamin bahwa sistem bekerja dengan optimal dan jika terjadi sesuatu hal yang janggal seperti perubahan yang signifikan tekanan dan temperatur pada sistem akan diketahui secara dini dan segera dicarikan solusi dari permasalahan yang ada untuk menjamin sistem tetap bekerja dengan baik.

c) Pengawasan Formal yaitu pengawasan yang secara formal dilakukan oleh teknisi. Dalam

pengawasan ini dilakukan dengan melaksanakan prosedur dan tata kerja yang telah ditentukan.

Pada proses *cargo heating* adapun prosedur yang telah ditetapkan oleh Anthony Veder Rederijzaken yaitu sebagai berikut:

Langkah-langkah pengecekan prosedur *cargo heater* saat melakukan proses bongkar muatan yaitu:

- (1) Pastikan bahwa temperatur pembuangan air dijaga selalu diatas  $+2^{\circ}\text{C}$ . Lakukan ini dengan regulasi aliran gas.
- (2) Pastikan air laut dijaga dengan laju penuh dan air laut tidak dialihkan ke bagian lain dari sistem.
- (3) Jangan menambahkan suplai air untuk ballast kecuali jika pengukur aliran terdapat di *cargo heater* dan aliran gas baru telah dihitung untuk disesuaikan dengan aliran air.

Langkah-langkah yang harus diperhatikan sebelum memulai prosedur *cargo heater* sesuai standar operasi sebelum melakukan proses bongkar yaitu:

- 1) Pastikan kebersihan saringan penghisap untuk tiap – tiap pompa pasokan air.
- 2) Pastikan *inlet end water box* dan bersihkan pelat pipa dan masing-masing tabung (kotoran yang terdapat dari air laut dapat dengan cepat menghambat aliran dan terjadi kegagalan tabung dikarenakan pembekuan air ketika musim dingin)
- 3) Pompa dan saluran masuk sebelum menutup *inlet water box* pastikan tidak terdapat kebocoran dari tabung pemanas.

Ini dapat dilakukan dengan dua cara:

- (a) Dengan menutup katup pembuangan air laut dengan air laut di bawah tekanan pompa dalam tabung. Cek katup saluran *inlet* dan *outlet* gas tertutup, kemudian lepaskan saluran pemanas ke tiang ventilasi dan buka kerangka saluran samping. Periksa ujung sambungan ventilasi terbuka untuk air.
- (b) Jika saluran tidak tersedia di sisi *cargo heater*, tutup katup aliran outlet gas dari pemanas dan buka pemanas untuk tekanan tangki. Tutup katup inlet air laut dan tes adanya muatan gas di *outlet* air laut dari pemanas dan *inlet* kotak ventilasi pemanas. Gunakan semprotan air sabun untuk pengesanan.

Pengetesan kedua ini sangat tepat dilakukan setelah pengetesan bongkar muatan pada pompa, ketika sisi muatan di pipa-pipa mendidih. Perlu diperhatikan bahwa apabila hasil negatif dari test diatas tidak membuktikan adanya kebocoran, karena tekanan saat pengetesan sangat rendah. Hasil positifnya yaitu masalah ini harus diinvestigasi dan pemanas tidak boleh dipakai sampai kebocoran telah ditelusuri dan tabung dipasang penutup di kedua ujungnya.

- 4) memastikan semua pemanas /pompa pendorong modul trip dan fungsi-fungsi kendali dalam keadaan baik.
- 5) Monitor semua temperatur, tekanan dan perlangkapan aliran.
- 6) Kalkulasi laju buang muatan yang diperbolehkan.

#### 4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu:

1. Perlu dilakukannya pengawasan yang maksimal terhadap indikator pendukung pada proses penghangan muatan (*cargo heating*)
2. Apabila terjadi proses pemuatan dalam kondisi cuaca yang dingin dan memerlukan proses *cargo heating* pada saat proses bongkar muatan, maka perwira yang bertanggungjawab harus melakukan proses *cargo heating* sesuai dengan standar prosedur serta *cargo manual book*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- A, Daryus. 2008. *Manajemen Pemeliharaan Mesin*. Universitas Darma Persada, Jakarta
- B.S, Dhillons. 2006. *Maintainability, Maintenance, and Reability for Engineers*: CRC Press
- Badan Diklat Kepelautan. 2000. *Gas Tanker Familiarization*. Jakarta
- Danuasmoro, Goenawan. 2003. *Manajemen Perawatan*: Yayasan Bina Citra Samudra
- Harrington, Roy L. 1992. *Marine Engineer*. University of California: Society of Naval Architects and Marine Engineers
- Heizer, Jay and Barry Render. 2001. *Operation Management*. Pennsylvania State University: Pearson Prentice Hall
- IMO, *Code For The Construction And Equipment Of Ships Carrying Liquefied Gases In Bulk*. United Kingdom, London
- IMO. 1993. *IGC Code*. United Kingdom, London
- IMO. 2008. *IMDG Code Incorporating Amendement 34-08 Volume 2*. United Kingdom, London
- IMO. 2010. *ISM Code 1998*. United Kingdom, London.
- IMO. 2010. *STCW*. United Kingdom, London
- International Chamber of Shipping. 1995. *Tanker Safety Guide Liquefied, 2<sup>nd</sup> Edition* : Witherby
- International Chamber of Shipping. 2006. *International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals*. Oil Companies International Marine Forum : Witherby
- IUPAC. *International Union of Pure Applied Chemistry, Department of Chemistry*. Queen Mary University of London.
- Joel, Rayner. 2006. *Basic Engineering Thermodynamics*. Universitas Michigan: Longman
- Kadarisman, M. 2013. *Manajemen Pengembangan Sumber Daya Manusia*. Jakarta: Rajawali Pers
- Lanuru, Mahatma dan Suwarni.MS. 2011. *Pengantar Oseanografi*
- McBirnie, SC and WJ fox. 1970. *Marine Steam Engines and Turbines*: Elsevier
- McGuire, Graham and Barry White. 1996. *Liquefied Gas Handling Principles On Ships and in Terminals (SIGGTO, 1996)*: Witherby

McGuire, Graham and Barry White. 2000.  
*Liquefied Gas Handling Principles On  
Ships and in Terminals* (SIGGTO, 2000):  
Witherby

Nazir, Moh, Ph. D. 2014. *Metode Penelitian*.  
Jakarta: Ghalia Indonesia

NSOS. *Manajemen Perbaikan dan Perawatan  
Kapal*. Direktorat Jendral Departemen  
Perhubungan, Jakarta

Sugiyono. 2008. *Metode penelitian  
pendidikan: Pendekatan Kuantitatif,  
Kualitatif dan R & D*: Alfabeta

Tractebel Gas Engineering. 2000. *Gas Plant  
and Operation Description*. DAEWOO  
Hull No.7602. Norway

Antony Veder. Rederijzaken B.V. Netherlands.  
2009. *Safety Management System* :  
Rotterdam