

ANALISIS KERUSAKAN *INERT GAS SYSTEM* PADA SAAT BONGKAR MINYAK MENTAH MT. MARLIN 88

Rezky Bayu Samudra^{1*}, Eka Darmana¹

¹ Program Studi Teknik Politeknik Bumi Akpelni
Jl. Pawiyatan Luhur II/17, Bendanduwur, Semarang

* Email: rezkybayu6@gmail.com

ABSTRAK

MT. MARLIN 88 adalah jenis kapal tanker yang bermuatan *crude oil*, kapal tanker dengan bobot mati diatas 20.000 ton harus dilengkapi dengan *Inert Gas System*, terdapat kendala yang berkaitan dengan kerusakan *Inert Gas System* pada saat bongkar minyak mentah, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan *Inert Gas System* di MT. MARLIN 88. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah observasi langsung di lapangan di kapal MT. MARLIN 88, wawancara dengan para crew yang bertanggungjawab terhadap *inert gas system*, dan studi pustaka dari berbagai literatur. Dari data diperoleh kemudian dilakukan analisis dengan pendekatan analisis deskriptif kualitatif. Hasil dari penelitian ini menyimpulkan bahwa kerusakan *inert gas system* di kapal MT. MARLIN 88 kemungkinan penyebabnya adalah perawatan *inert gas system* di MT. MARLIN 88, belum mencapai hasil maksimal dikarenakan kerusakan pada Oxygen Analyzer yang mengakibatkan supply gas lambat yang dibutuhkan tangki muatan menjadi tinggi kandungan O₂. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh kurangnya pemahaman yang mendalam beberapa crew diatas kapal terhadap *inert gas system*

Kata kunci : *Inert Gas System, Oxygen Analyzer pada Inert Gas System, kerusakan pada Oxygen Analyzer, Inert Gas System pada kapal tanker.*

ABSTRACT

MT. MARLIN 88 is a type of tanker loaded with crude oil, tankers with dead weight above 20,000 tons must be equipped with an *Inert Gas System*, there are obstacles related to damage to the *Inert Gas System* when unloading crude oil, the purpose of this study is to determine the cause of the occurrence of *Inert Gas System* malfunction in MT. MARLIN 88. The data collection method used is direct observation in the field on the ship MT. MARLIN 88, interviews with the crew responsible for the inert gas system, and literature studies from various literatures. From the data obtained, then an analysis was carried out using a qualitative descriptive analysis approach. The results of this study concluded that the damage to the inert gas system on the ship MT. MARLIN 88 possible cause is the maintenance of the inert gas system in MT. MARLIN 88, has not reached its maximum results due to damage to the Oxygen Analyzer which resulted in the supply of inert gas required for the cargo tank to be high in O₂ content. This may be influenced by the lack of in-depth understanding of some of the crew on board the inert gas system

Keywords: *Inert Gas System, Oxygen Analyzer on Inert Gas System, damage to Oxygen Analyzer, Inert Gas System on tankers.*

PENDAHULUAN

MT.MARLIN 88 adalah salah satu kapal jenis *crude oil tanker* milik perusahaan PNS (Patria Nusa Segara) yang di *charter* oleh PT. Pertamina yang difungsikan untuk mengangkut *crude oil* milik PT. Pertamina, MT. MARLIN 88 memiliki DWT 46,986 Tons dengan panjang 182 meter dan lebar 32 meter. MT. MARLIN 88 memiliki pompa *cargo* berjenis COPT (*Cargo Oil Pump*

Turbine) dengan kapasitas pompa masing-masing 1200 m³/h.

Menurut Badan Diklat Perhubungan (2000) yang mengacu pada Konvensi Internasional *safety of life at sea* (SOLAS) mensyaratkan bahwa kapal tanker yang dibuat pada bulan Juni 1983 dengan bobot mati di atas 20.000 ton sudah harus dilengkapi dengan *Inert Gas System*, yang digunakan untuk sistem pencegahan

terjadinya kebakaran dan ledakan dalam tangki muatan dengan cara menurunkan kadar oksigen maksimal 8% dalam setiap tangki muatan yang akan dimuati.

Ketika pengamatan di kapal MT. MARLIN 88, terjadi kerusakan *Inert Gas System*. Pada Kapal MT. MARLIN 88 Pada saat melakukan proses bongkar-muat (cargo operation) di pelabuhan Jetty Cilacap, terjadi gangguan dimana tiba-tiba terdengar alarm dari *engine control room* yang setelah diamati menunjukkan kadar/kandungan oxygen di dalam tangki melebihi batas normal yang diijinkan dan tekanan gas lembam pada tangki kurang. Masalah yang sering timbul adalah supply gas lembam yang masuk ke dalam tangki muatan kurang. Kasus yang berulang inilah membutuhkan analisis terhadap kerusakan tersebut. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan *Inert Gas System* di MT. MARLIN 88.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan selama 12 bulan 5 hari diatas kapal mulai pada tanggal 19 Juni 2020 di Balikpapan sampai dengan tanggal 25 Juni 2021 di Tuban. Adapun tempat penelitian dilaksanakan di kapal MT. MARLIN 88 dengan *ship particular* sebagaimana pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. *Ship Particulars*.

Nama kapal	MT. MARLIN 88
Call sign	J Z Z P
Pemilik	PT. PATRIA NUSA SEGARA
Bendera	INDONESIA
Tipe kapal	OIL TANKER/CRUDE
Klasifikasi	BKI
IMO Number	916839
Builder	JAPAN
Tahun	1998
GRT	28.480 T
L O A	182.0 M
L P P	172.0 M
DEADWEIGHT	46.986 MT
MAIN ENGINE	HITACHI MAN B&W 6S50MC MCO

Data-data mengenai sistem gas lembam (*design specification*) yang ada di atas kapal MT. MARLIN 88 sebagaimana terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. *Gas Lembam MT.MARLIN 88*

Spesifikasi	NKK
Kapasitas	1.505,3 m ³ /h
Kandungan Oksigen	Kurang dari 8%
Temperatur Gas	a. 350°C at furnace scrubber b. 50°C at inert gas main line
Tekanan pada dek utama	a. Max 1400mmH ₂ O b. Min 100mmH ₂ O
Kandungan gas pada scrubber	a. O ₂ (3.0%) b. CO ₂ (13.0%) c. SO ₂ (0.3%) d. N ₂ (seimbang)
Kandungan gas pada jalur utama	a. O ₂ (3.0%) b. CO ₂ (13.0%) c. SO ₂ (kurang dari 0.03%) d. N ₂ (Seimbang) e. Partikel padat <7.5mg/Nm ³

Metode dalam pengumpulan data yang digunakan adalah metode pengamatan atau observasi dan pengecekan secara langsung di MT. MARLIN 88 terhadap operasi dan kinerja pada *inert gas system* yang berdampak pada *discharge* di kapal MT.MARLIN 88, serta cara perawatan dan pengoperasian *inert gas system* yang benar. Wawancara juga dilakukan kepada beberapa masinis dan *officer* yang bertanggungjawab terhadap *inert gas system* MT. MARLIN 88. Sebagai bahan referensi atau pengetahuan dasar penulis juga membaca buku *instruction manual book* untuk penanganan atau perawatan pada *inert gas system*. Data yang diperoleh kemudian dilakukan analisis dengan metode pendekatan analisis diskriptif kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Definisi *Inert Gas System*

Inert gas adalah suatu gas dengan kadar kandungan oksigen rendah atau kurang dari 8%, sedangkan *inert gas system* adalah suatu sistem yang mengelola gas sisa pembakaran sehingga diperoleh kondisi inert (kadar oksigen kurang dari 8%).

Menurut Badan Diklat Perhubungan (2000) sistem gas lembam adalah suatu penghasil gas lembam dengan sistem distribusi gas lembam beserta sarana-sarana untuk mencegah aliran balik yang mengandung gas muatan keruangan kamar mesin, alat ukur yang tetap maupun jinjing dan alat pengontrol pengoperasian.

Menurut Chaer (2003) pengoperasian adalah suatu serangkaian proses dan cara mengoperasikan suatu alat ataupun sistem secara baik. Dapat diambil suatu kesimpulan bahwasannya suatu proses pengoperasian adalah proses perbuatan atau tindakan mempergunakan suatu alat secara baik dan prosedural untuk mendapatkan suatu hasil yang diinginkan.

Secara umum ada beberapa ketentuan tentang *Inert Gas System* menurut *Rules Biro Klasifikasi Indonesia vol III section 15 spesial Requirs for tanker*, diantaranya :

- Inert gas dapat dihasilkan oleh main atau auxiliery boiler, inert gas generator dengan independent burner unit, nitrogen generator.
- Pada kondisi normal operasional *inert gas system* harus mencegah udara masuk ke tangki dan menjaga kandungan oksigen pada tangki maksimal 8% dari volume.
- Memasukan inert gas ke dalam tangki yang kosong bertujuan untuk mengurangi kandungan hydrocarbon hingga kurang dari 2% dari volume tangki.
- Kandungan oksigen pada inert gas tidak lebih dari 5% dari volume.

Fungsi *Inert Gas System*

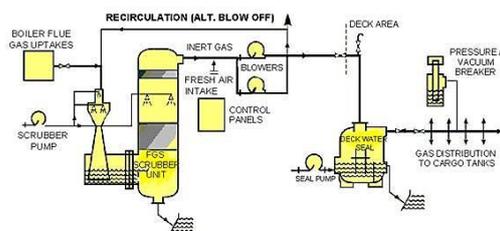
Fungsi *inert gas system* adalah mengisi dan mendistribusikan gas inert kedalam tangki, menjaga agar kadar oksigen dalam

keadaan rendah, melindungi tangki dari tekanan gas yang berlebihan dan mencegah aliran balik dari inert gas agar tidak terjadi kebakaran atau ledakan pada tangki muatan. Fungsi dari pemasangan *Inert Gas System* pada kapal-kapal tanker adalah:

- Mengatur kondisi atmosfer didalam tangki muat untuk mencegah terjadinya bahaya kebakaran dan ledakan, dimana bukan hanya kapal dan muatan yang hilang, bahkan dapat merusak lingkungan hidup akibat polusi dari minyak/muatan yang tumpah dari kapal.
- Melindungi awak kapal dan orang-orang yang mengoperasikan kapal, struktur kapal, serta fasilitas-fasilitas/instalasi di pelabuhan dari bahaya kebakaran dan ledakan.
- Kapal dapat *docking* untuk perbaikan dalam keadaan darurat tanpa perlu membongkar muatan dan *tank cleaning* terlebih dahulu.
- Memperlancar proses bongkar muat karena adanya tekanan positif dari *inert gas* ketika dalam tangki muatan, sehingga dapat mengurangi waktu proses bongkar muatan di terminal (Pieter Batti, 2010).
- Mempertahankan bentuk tangki muat akibat pengaruh dari hisapan pompa saat volume muatan mulai berkurang (Badan diklat,2000).

Sistem Kerja *Inert Gas System*

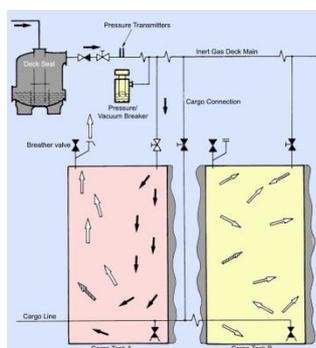
G.S Marton (2007) menjelaskan proses *kerja inert gas system* dimulai dari boiler sampai tangki muatan. Gas buang dari boiler melalui *uptake valve* akan menuju *scrubber* untuk didinginkan dan dibersihkan dari abu sulfur oxides kemudian menuju *demister* untuk dipisahkan dari partikel air. Inert gas akan dihisap dari *demister* oleh blower dan dialirkan ke *deck water seal* melalui gas *regulating valve*.



Gambar 1. Piping diagram inert gas system (marinegyaan.com)

Sistem ini dapat dibagi menjadi 2 kelompok dasar :

1. *Production Plant* untuk menghasilkan gas inert dan mengirimkannya dengan tekanan, melalui *blower* untuk menuju ke tangki-tangki kargo
2. Sistem distribusi untuk mengontrol jalannya gas inert ke tangki muatan yang sesuai pada saat diperlukan



Gambar 2. skema sistem deck (Anish, 2021)

Ada beberapa kemungkinan yang menyebabkan *Inert Gas System* di atas kapal tidak dapat bekerja dengan baik:

- a) Kemungkinan kadar O_2 terlalu tinggi yang disebabkan oleh udara yang terpisah masuk ke dalam sistem dari saluran suplai gas pada boiler sewaktu suplai gas kurang atau lebih rendah dari kapasitas isap blower terutama pada waktu keadaan beban berkurang atau pembakaran dalam boiler kurang sempurna. Kemungkinan lain adalah udara masuk melalui *pressure vacuum valve*, *mast riser* ataupun yang lainnya diakibatkan pengoperasian yang tidak

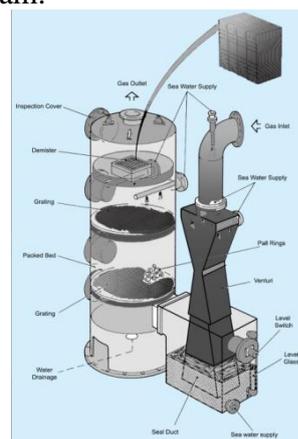
sesuai dengan prosedur (*Manual Book*).

- b) *Inert gas plant* menghasilkan kadar gas yang kadar oksigennya di atas 5% dan kadar O_2 dalam tangki maksimal 8%.
- c) Tidak dapat mempertahankan tekanan positif *inert gas* (1000 MWG) dalam tangki muatan, yang mungkin disebabkan oleh :
 - *Inert gas valve* tidak terbuka penuh.
 - Automatic pressure control sistem tidak bekerja.
 - Tekanan dari blower terlalu rendah.
 - Kecepatan bongkar muatan memiliki kapasitas yang lebih besar daripada kapasitas blower untuk memasukkan *inert gas* ke dalam tangki.

Komponen *Inert Gas System*

Komponen-komponen berikut digunakan dalam sistem gas inert ditanker minyak:

- a. Sumber gas buang: sumber gas inert diambil dari gas buang boiler dan *inert gas generator* karena mengandung gas buang dengan kandungan oksigen yang rendah didalamnya.
- b. *Scrubber Tower*: berfungsi untuk menyaring partikel karbon, sulphur dan sulphur dioksida pada gas buang dari boiler dan sebagai media pendingin gas untuk memproduksi gas lembam.



Gambar 3. *Scrubber Plant* (Anish, 2021)

- c. *Demister Separator*: terletak di dalam *scrubber tower* biasanya terbuat dari *polypropylene*, digunakan untuk menyerap kelembaban dan air dari gas buang yang diolah.



Gambar 4. *Demister*.

- d. *Fan Blower*: berfungsi untuk menghisap gas lembam untuk disalurkan ke *deck water seal* dan masuk kedalam tanki muatan.



Gambar 5. *Fan Blower*.
(sumber: dokumen pribadi)

- e. Katup pengatur tekanan *inert gas*: tekanan di dalam tangki bervariasi dengan kondisi atmosfer, katup pengatur tekanan dipasang setelah blower.
- f. *Deck Water Seal*: berfungsi untuk mencegah tekanan balik gas dari tangki kembali ke kamar mesin. *Demister* dipasang untuk menyerap kelembaban yang dibawa oleh gas.



Gambar 6. *Scrubber Tower*.
(dokumen pribadi)

- g. *Cargo tank* : adalah tempat muatan di simpan di dalam lambung kapal.
- h. *Pressure vacuum breaker*: adalah perangkat berfluida yang berfungsi menjaga tekanan atmosfer di dalam tanki muatan.
- i. *Oxygen Analyzer* : berfungsi untuk mengontrol kualitas dari inert gas dan mempertahankan konsentrasi *oxygen* dalam gas tetap dibawah 8%.



Gambar 7. *Oxygen Analyzer*
(dokumen pribadi)

- j. *Inert Gas Isolating Valve* : berfungsi mengisolasi sistem saat tidak digunakan.
- k. *Mechanical non return valve*: perangkat mekanis non-balik tambahan yang posisinya berada sejajar dengan *deck water seal*.
- l. *Mast riser* : untuk mempertahankan tekanan gas inert pada saat pemuatan kargo dan selama waktu pemuatan tetap terbuka untuk menghindari tangki muatan bertekanan.
- m. *Safety and alarm system*: pabrik pembuat *inert gas plant* menyediakan berbagai fitur keselamatan untuk melindungi tangki dan mesin itu sendiri.

Alarm yang tergabung dalam inert gas plan diatas kapal :

- *Scrubber low level*
- *Deck seal high level*
- *Low O₂ content (1%)*
- *High O₂ content (5%)*

Bahaya *Inert Gas System*

Bahaya dari *Inert Gas* adalah gas yang tidak menimbulkan reaksi kimia. *Inert gas*

digunakan untuk menghindari reaksi kimia dengan cara menghilangkan salah satu dari unsur yaitu oksigen dari komponen segitiga api yaitu bahan yang mudah terbakar, panas dan adanya oksigen. Fungsi dari inert gas yaitu menekan kadar oksigen sehingga api tidak akan terjadi meski sudah ada bahan yang mudah terbakar dan panas. Aplikasi *inert gas* pada lingkup kerja antara lain:

- a. Di industri minyak dan kilang minyak untuk pembersihan pipa dan mencegah terjadinya kebakaran.
- b. Pada proses pengelasan *inert gas* di pakai untuk mencegah oksidasi oleh udara.
- c. Pada kapal tanker di gunakan untuk menekan kadar oksigen pada tanki kargo guna mencegah terjadinya ledakan dan kebakaran.

Gas terlarut adalah jenis gas yang dilarutkan dalam suatu pelarut karena sangat reaktif sehingga diperlukan cairan contohnya gas asitilin. Bahaya dari gas bertekanan antara lain:

- 1) Gas bertekanan berupa *inert gas* memberikan bahaya bagi manusia, gas tersebut jika terlepas ke udara dan di area ruangan yang tidak memiliki ventilasi baik akan menggantikan udara di sekitarnya. *Inert gas* digunakan untuk melakukan *purging* biasanya dilakukan pada pipa minyak dan pipa gas pada kilang minyak atau kapal tanker.
- 2) Gas bertekanan yang bersifat korosif gas ini menyebabkan rusaknya kulit atau jaringan tubuh serta membuat bahan-bahan metal korosif atau berkarat.
- 3) Gas bertekanan yang keluar karena adanya valve yang rusak atau bocor karena benturan ataupun pembukaan dengan cara yang tidak aman. Tekanan yang keluar secara cepat dan tekanan besar dapat membuat pekerja terluka.

Pengertian bongkar muat

Herry Gianto dan Arso Martopo (2014) menyatakan bahwa bongkar muat ialah jasa pelayanan membongkar muatan dari kapal

ke kapal, dermaga, tongkang, truck atau memuat muatan dari dermaga, tongkang, truck ke dalam palka kapal dengan menggunakan derek kapal atau yang lainnya. Menurut (Martopo dan Soegiyanto dalam 2014), menyebutkan bahwa proses bongkar muat adalah kegiatan mengangkat, mengangkat, dan memindahkan muatan dari kapal ke dermaga pelabuhan atau sebaliknya. Pengertian bongkar muat menurut (Da Lasse 2012) kegiatan bongkar muat adalah kegiatan perpindahan barang dari mode transportasi laut ke mode transportasi darat atau sebaliknya.

Prosedur pengoprasian *inert gas system*.

1. Pastikan semua komponen Inert Gas System pada kondisi siap pakai.
2. Memastikan Auxiliry Generator cukup untuk mengoperasikan *Inert Gas System*.
3. Pastikan Boiler siap untuk mensupply gas buang, dengan menjalankan pesawat bantu diantara nya;
 - Nyalakan pompa pendingin condensate air laut.
 - Buka valve masuk dan valve keluar pada system dumping kontrol steam atau uap.
 - Buka valve ejector, yang berjumlah 2 untuk steam system dan 2 untuk fresh water system.
 - Buka valve warming up steam yang menuju ke C.O.P.T.
 - Ubah Auxiliry Feed Water pump ke Main feed Water pump.
 - Atur kran dumping pada tekanan maksimal 12kg/cm^2 .
 - Pastikan kran dumping bekerja pada tekanan minimum 0.7 kg/cm^2 .
 - Buka kran yang menuju ke C.O.P.T dan shutblow warming up steam.
 - Ubah mode boiler dari normal menjadi eco dan posisi kan pada auto.
 - Atur kran F.O menjadi manual
4. Jalankan pompa *deck water seals*
5. Jalankan pompa air laut yang menuju ke *scrubber tower*.

6. Jika semua system sudah berjalan normal maka informasikan ke CCR, bahwa *Inert Gas System* siap di jalankan.
7. Di CCR akan membuka *valve* untuk menyalakan blower.
8. Jika semua telah berjalan normal sesuai procedure.
9. Crew mesin standby pada panel *Oxygen Analyzer* dan ikuti langkah selanjut nya.
10. Memastikan air penganalisa ke dua tabung dalam kondisi rata.
11. Nyalakan *Oxygen Analyzer*.
12. Tutup kran udara keluar.
13. Buka kran Gas.
14. Buka sample kran $\frac{3}{4}$.

Terjadinya gangguan yang ditandai terdengar alarm dari *engine control room* yang menunjukkan kadar/kandungan oxygen di dalam tangki melebihi batas normal yang diijinkan dan tekanan gas lembam pada tangki kurang dimungkinkan penyebabnya antara lain:

- Anak buah kapal dan Perwira diatas kapal kurang memiliki pengetahuan dalam pengoperasian *Inert Gas System*.

Pada saat kapal sedang melakukan bongkar muatan di *jetty CIB #2 Cilacap*, Dan kemudian *Inert Gas Sytem* mengalami trip. Perwira jaga langsung ke *Deck* untuk memeriksa oksigen di *tankdome* dan memerintahkan AB jaga untuk memeriksa juga di tangki-tangki muatan lainnya. Setelah itu perwira jaga menghubungi *chief officer* (CO) dan perwira jaga kamar mesin untuk memberitahu kejadian yang terjadi kemudian *chief officer* memerintahkan untuk memeriksa setelah melihat dari alarm yang ada pada monitor layar monitor di CCR, alarm tersebut mengarah kepada salah satu komponen *inert gas system* yaitu *oxygen analyzer* yang dimana letaknya ada dilantai satu kamar mesin, di kamar mesin ada perwira jaga yaitu masinis 3, mengetahui hal itu masinis 3 segera mengambil tindakan dengan berusaha memeriksa *oxygen analyzer* tersebut, tetapi usaha nya sia-sia karena masinis tiga sama sekali tidak mengerti tentang sistem dari *oxygen analyzer*, masinis

tiga segera memberitahu *Chief Engineer* (KKM). mengetahui hal itu KKM segera turun ke CCR untuk memastikan terlebih dahulu ada tidaknya kesalahan dalam pengoperasian *Inert Gas System* di CCR.

Setelah diketahui tidak adanya kesalahan dalam pengoperasian *Inert Gas System*, KKM bersama CO dan Electrician segera menuju ke kamar mesin dan memeriksa secara seksama semua komponen *Inert Gas System* di kamar mesin. Setelah di periksa, ditemukan kejanggalan pada indikator oksigen yang ada di *Oxygen Analyzer*. Konsentrasi oksigen pada *flue gas* yang tercatat pada indikator tersebut menunjukkan angka 16%. Akibat hal tersebut maka secara otomatis *Automatic Trip* yang berfungsi merespon semua informasi dari indikator dan *Oxygen Analyzer* akan membuat alarm pada CCR dan membuat *Inert Gas System* yang sedang beroperasi mengalami trip.

- Anak buah kapal kurang disiplin dalam melakukan perawatan penunjang *Inert Gas System*.

Melanjutkan dari kasus pertama diatas, yaitu pada saat kapal masuk *docking* di SMI *Jetty 2 Bojonegoro*, masinis 2 melakukan perawatan dan pemeriksaan terhadap semua komponen *Inert Gas System*. Pengecekan kedua penulis membantu masinis 2 untuk membuka *main hole* bawah pada *scrubber tower*, didapatkan banyak serpihan dari *demister* yang tenggelam dibawah *scrubber tower* pada celah-celah besi ram yang digunakan untuk menopang *demister*, akibatnya supply gas inert dari boiler tidak bisa tersaring dengan maksimal, untuk mengetahui penyebab dari melelehnya *demister*, masinis 2 membuka *main hole* bagian atas dan melakukan pengecekan terhadap nozzle air laut, fungsi dari nozzle air laut tersebut ialah selain untuk menyaring kadar oksigen yang terbawa oleh gas inert juga sebagai pendingin *demister* yang merupakan komponen bawah dan berhadapan langsung dengan gas inert hasil pembakaran boiler. Dari penemuan beberapa kerusakan yang terjadi pada

scrubber tower dapat di indikasi bahwa anak buah kapal atau perwira sebelum nya jarang melakukan perawatan dan pengecekan rutin yang seharusnya dilaksanakan minimal dua bulan sekali tidak dilaksakam secara rutin dan tertulis. Dari korosi yang dihasilkan oleh pipi-pipa air laut itu menyumbat nozzle dan ada beberapa *nozzle* tidak mengeluarkan air laut sama sekali hal itu menyebabkan panas dari gas inert dari hasil pembakaran boiler tidak disaring dan didinginkan secara maksimal dan berdampak juga pada *demister* yang meleleh.



Gambar 8. Pengecekan dan pembersihan jelaga boiler MT.MARLIN 88

SIMPULAN

Dari keseluruhan uraian-uraian tersebut di atas diperoleh beberapa kesimpulan menurut hasil pengamatan dan analisa yang telah dilakukan selama 12 bulan 5 hari. Penyebab dari kerusakan *Inert Gas Sytem* pada saat bongkar muatan pada MT.MARLIN 88 dapat disimpulkan bahwa perawatan *inert gas system* di MT. MARLIN 88, belum mencapai hasil maksimal dikarenakan kerusakan pada *Oxygen Analizer* yang mengakibatkan *supply* gas lambat yang dibutuhkan tangki muatan menjadi tinggi kandungan O_2 . Untuk menurunkan kadar oksigen (O_2) pada *inert gas system* adalah dengan perawatan setiap tiga kali proses bongkar muat kapal dan selalu memonitor keadaan *inert gas system*. Pentingnya pengecekan *spare part* diatas kapal dan *meeting routine weekly* untuk membahas *safety* pengoperasian *inert gas system* yang benar antara *Deck Department* dan *Engine Department*. Hal ini semua akan tereduksi kalau pemahaman semua crew terhadap *inert gas system* sangat mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

- About, Anish. 2007, *Marine safety Inert Gas or IG System on Ships*. [online] (<https://www.marineinsight.com/marine-safety/protection-against-explosion-the-i-g-system/>) diakses: 22 Oktober 2022 jam 17.00 WIB)
- Alwi, Hasan, 2002 *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Balai Pustaka, Jakarta.
- Anonimus, 2010, *Renewable Energi*, [online] (www.guardian.co.uk). diakses: 21 Oktober 2021 jam 20.00 WIB)
- Anish, 2021, *What is an Inert Gas or IG System on Ships?*, <https://www.marineinsight.com/marine-safety/protection-against-explosion-the-i-g-system/>. Diakses: 20 September 2022
- Badan Diklat Perhubungan. 2000, *Inert Gas System, oil tanker training modul 3*, 2000, Badan diklat perhubungan, Jakarta
- Badan Diklat Perhubungan,. 2000, *Oil Tanker Familiarization. Tanker Familiarization Course (TFC). Modul -3* (Cetakan Pertama Maret 2000) Dephub.
- Batti, Pieter. 1983, *Inert gas system dan crude oil washing*, , PT. Cagar Budaya Teknik, Jakarta (<http://jurnal.amy.ac.id/index.php/MIBJ/article/view/232>).diakses. 23 November 2021 jam 21.00)
- Blau, P.J., 2009, *Friction Science and Technology: From Concepts to Applications*, 2nd Ed., CRC Press, New York Denzin & Lincoln,
- Sarifudin, Winarno, Jijin. A, 2018, *Pengaruh Kurangnya Supply Gas Lambat Penanganan Muatan*, Jurnal Dinamika Bahari, Vol.8, No.2, Hal 2063-2076.
- Hunt, Everett C. 2002. *Modern Marine Engineers's Manual Volume II*, Third Edition. Centreville, Maryland : Cornell Maritime Press Patilima, Hamid.

- ISGOTT.2020 *inert gas system the use of inert gas for the carriage of flammable oil* cargum,London.
(https://www.smartflowapps.com/articles/use-cases/vopak-iscgott-v6-digitalization-of-the-ship-shore-documentation?Gclid=EAIaIQobChMIIsaa9gfe39QIV65JmAh3crwobEAAYAyAAEgI1q_D_BwE diakses: 20 November 2021 jam 17.00)
- Kashiwa - Peabody Marine.*Inert Gas System*,.2012, (Instruction Book MT. GANDINII/PNGS)[online](<https://ejournal.pipsemarang.ac.id/index.php/jdb/article/view/76> diakses: 30 November 2021 jam 10.00)
- Wright A. A. 2000. *Exhaust Emissions from Combustion Machinery*. BP
- Marin[online](<https://www.worldcat.org/title/exhaust-emissionsfrom-combustionmachinery/oclc/44647207> diakses: 12 November 2021 jam 18.00)
- Cahyaningtyas, Subardi. A, Andi. W, 2019, *Optimalisasi Sistem Gas Lembam Untuk Penanganan Muatan Crude Oil di MT. Galunggung*, PIP Semarang, Vol.12, No.2, Hal 16-23
- R. Herlan. N, Jusva. A, Hengki. A, Mutika. E, Abing. E, 2019, *Optimalisasi Perawatan Sistem Gas Lembam Guna Mencegah Terjadinya Kebakaran Dalam Penanganan Muatan*, Jurnal Marine Inside, Vol.1, No.1, Hal 7-21.