

Kalkulasi Persentase Oksigen untuk Mengoptimalkan Kinerja Inert Gas Generator Guna Menunjang Operasional di Kapal MT. Bull Kangean

Hasan Fathur Rohman¹, Thaibil Anwar^{2*}
^{1,2}Politeknik Pelayaran Malahayati, Indonesia

E-mail: thaibil@poltekpelaceh.ac.id

**Corresponding Author*

ABSTRAK

Muatan pada kapal tanker dengan cara menurunkan kadar konsentrasi oksigen maksimal 8% (delapan persen) pada saat proses pembongkaran (*Disharging*), permbersihan tangki (*Tank Cleaning*) dan pada saat *free gas*, *Oxygen analyzer* berfungsi untuk mengukur kandungan oksigen yang ditetapkan (4%) sehingga kandunga oxygen lebih dari 4% *inert gas* akan di lepas ke atmosfer namun *inert gas generator* di kapal MT. BULL KANGEAN tidak bekerja dengan optimal. Tidak optimalnya *inert gas generator* terjadi karena adanya kebocoran pada *cover end inert gas generator*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui tidak tercapainya produksi gas lembam dan kegagalan pada saat pembakaran *main burner inert gas generator* di kapal MT. Bull Kangean. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode deskriptif disertai dengan pengumpulan data berupa observasi, dan dokumentasi. Data observasi tidak tercapainya produksi gas lembam dan kegagalan pada saat pembakaran diambil di atas kapal penulis pada saat Praktik Laut. Berdasarkan hasil penelitian menyimpulkan bahwa penyebab terjadinya tidak tercapainya produksi gas lembam dan kegagalan pada saat pembakaran adalah terjadinya kebocoran pada *cover end inert gas generator*.

Kata Kunci: Persentase, Matematika, Terapan, Optimalisasi, *Inert Gas Generator*, *Cover End*

PENDAHULUAN

Di era globalisasi sekarang ini kebutuhan akan jasa angkutan laut dengan menggunakan berbagai jenis kapal dengan berbagai ukuran dari tahun ke tahun terjadi peningkatan yang sangat pesat. Dari berbagai tipe dan jenis kapal tersebut merupakan sarana transportasi air yang berperan sangat penting dan efektif dalam pengangkutan dari suatu pelabuhan ke pelabuhan lain. Salah satu contoh kapal tersebut adalah dengan menggunakan kapal tanker, yaitu kapal tanker yang muatannya berupa bahan kimia (chemical), minyak dan gas. (*International Maritime Organization*, 1990).

Bahaya yang harus diperhatikan di kapal tanker adalah ledakan dan kebakaran. Oleh karena itu, pada kapal tanker dibuat suatu sistem yang disebut *Inert Gas System* (IGS), dimana sistem tersebut menghasilkan suatu gas yang disebut dengan gas lembam (*inert gas*). Ledakan dan kebakaran tidak akan terjadi jika tangki muatan kapal tanker yang sudah lembam atau *inerted* dengan baik dan sesuai dengan prosedur. Konvensi Internasional *Safety Of Life At Sea* (SOLAS) Peraturan 62 bab II-2 (2001) mensyaratkan bahwa kapal *tankeryang* dibuat pada bulan Juni 1983 dengan *DWT* di atas 20.000 ton harus dilengkapi dengan IGS yang digunakan sebagai salah satu sistem untuk mencegah terjadinya kebakaran dan ledakan dalam tangki muatan dengan cara menurunkan kadar konsentrasi oksigen maksimal 8% (delapan persen). Terdapat dua jenis permesinan bantu yang dapat menghasilkan gas lembam tersebut, yaitu *Boiler* dan *Inert Gas Generator*. Pada *Boiler*, yang digunakan sebagai sumber dari gas lembam adalah gas buang dari *Boiler* tersebut. Sehingga gas buang *boiler* di manfaatkan untuk dijadikan gas lembam setelah melalui beberapa proses yang harus dilalui. Sedangkan pada *Inert Gas Generator*, gas lembam ini diproduksi oleh *Inert Gas Generator* itu sendiri. Permesinan ini dibuat khusus untuk menghasilkan gas lembam pada *Inert Gas System*. (Capt. Suwardi M.Mar dalam "*Kamus istilah Tanker*"2006)

Inert gas (gas lembam) ini bertujuan untuk mengurangi kadar oksigen dalam tangki muatan. Melalui IGS proses pembakaran dalam segitiga api dapat dihilangkan salah satu komponennya, yaitu oksigen (mengurangi kadar oksigen) sehingga terbentuknya segitiga api dapat diminimalisasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode deskriptif disertai dengan pengumpulan data berupa observasi, dan dokumentasi. Data observasi tidak tercapainya produksi gas lembam dan kegagalan pada saat pembakaran diambil di atas kapal penulis pada saat Praktik Laut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Definisi Inert Gas Generator

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 Requires for tanker, diantaranya :

- a. Inert gas dapat dihasilkan oleh main atau auxiliry boiler, inert gas generator dengan independent burner unit, nitrogen generator.
- b. Pada kondisi normal operasional inert gas system harus mencegah udara masuk ke tangki dan menjaga kandungan oksigen pada tangki maksimal 8% dari volume.
- c. Memasukan inert gas ke dalam tangki yang kosong bertujuan untuk mengurangi kandungan hydrocarbon hingga kurang dari 3% dari volume tangki.
- d. Kandungan oksigen pada inert gas tidak lebih dari 4% 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 tanki muatan. Fungsi dari pemasangan Inert Gas System pada kapal-kapal tanker adalah:

- a) Mengatur kondisi atmosfer didalam tanki 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.
- b) Melindungi awak kapal dan orang-orang yang mengoperasikan kapal, struktur kapal, serta fasilitas-fasilitas/instalasi di pelabuhan dari bahaya kebakaran dan ledakan.
- c) Kapal dapat docking untuk perbaikan dalam keadaan darurat tanpa perlu membongkar muatan dan tank cleaning terlebih dahulu.

- d) Memperlancar proses bongkar muat karena adanya tekanan positif dari inert gas ketika dalam tanki muatan, sehingga dapat mengurangi waktu proses bongkar muatan di terminal (Pieter Batti, 2010).

Prinsip Kerja *Inert Gas Generator*

Inert gas generator mampu menghasilkan inert gas atau udara. *Inert gas* diproduksi oleh pembakaran stoikiometri bahan bakar minyak dengan udara. Bahan bakar minyak adalah hidrokarbon, dan udara merupakan campuran dari 79% nitrogen dan 21% oksigen. Pertama, bahan bakar di pompa oleh *fuel oil pump* menuju ke *pilot burner*. *Pilot burner* adalah pematik dari nyala api yang selanjutnya diteruskan oleh *main burner*, *pilot burner* dinyalakan dengan bantuan *ignition transformer* /busi. Setelah itu udara masuk dengan bantuan *blower* untuk mensuplai udara. Ketika pembakaran nyala api dimonitor oleh *flame detector*.

Pembakaran terjadi pada *combustion chamber*, bagian ini terdapat *cooling water jacket* yang berfungsi untuk mendinginkan sekeliling ruang pembakaran. Pembakaran tersebut menghasilkan suatu gas yang mengandung CO₂, Nitrogen dan O₂ dan menuju ke *washing tower* melewati *spray nozzle*. *Spray nozzle* berfungsi untuk menyemprotkan air laut untuk mendinginkan *inert gas*. Setelah melalui *washing tower* gas hasil pembakaran menuju ke *demister*, yang berfungsi untuk mencegah kabut yang terbawa oleh *inert gas*. Kabut ini terkondensasi dan terbuang kembali dalam bentuk tetesan air yang melalui *waterseal* dan menuju ke *Oxygen Analyzer*.

Oxygen analyzer berfungsi untuk mengukur kandungan *oxygen* yang ditetapkan (4%) sehingga kandungan *oxygen* lebih dari 4% *gas inert* akan di lepas ke atmosfer. Setelah kandungan gas lolos dari *oxygen analyzer*, *gas inert* akan menuju ke *deck water seal*, yang berfungsi untuk mencegah arus balik dari tekanan lebih gas inert di dalam tanki. Setelah melewati *P/V Breaker*, cara kerjanya ketika tekanan tangki minyak kargo naik, cairan segel naik di pipa bagian dalam. Pada saat itu, jika tekanan melebihi kapasitas, cairan segel akan mendorong keluar dari pipa untuk membiarkan tekanan di dalam keluar. Saat tekanan turun cairan segel naik di pipa luar dan cairan segel tenggelam ke dalam tanki minyak kargo dan udara atmosfer akan dihirup di dalam tangki.

Komponen *Inert Gas Generator*

1) Komponen *Inert Gas Generator*

Menurut buku Instruction manual *Inert Gas Generator* (2000), terdapat dua macam komponen dari *inert gas generator* yaitu komponen utama dan komponen pendukung.

a) Komponen Utama *Inert Gas Generator*

1. Panel kontrol (*control panel*)

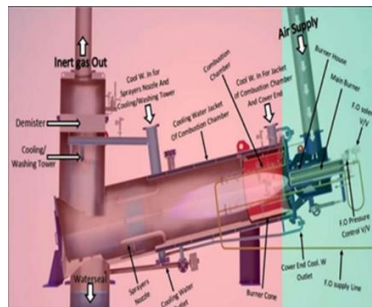
Sistem inert gas terdiri dari beberapa panel kontrol:

- a) *Local Control Panel (LCP)*: ini adalah panel kontrol utama dari *inert gas generator* dari mana *generator* dapat dioperasikan.
- b) *Cargo Control Room Panel (CCRP)*: dari panel ini keran pengiriman (*delivery valve*) *inert gas* dapat dioperasikan dan dapat mengendalikan tekanan utama deck. Bahkan panel ini adalah antar muka antara *inert gas generator* dan tangki kargo.
- c) Panel lainnya: peralatan seperti *blower* dan pompa bahan bakar dilengkapi dengan *panel starter* yang terdiri dari *motor starter* dan beberapa indikator dasar.

2. *Inert Gas Generator Body*

Inert Gas Generator Body adalah bagian utama dari *inert gas generator* yang didalamnya terdapat *Combustion chamber*, *Pilot Burner*, *Cooling / Washing tower*, *Sprayers Nozzle*, *Waterseal* dan *Demister*. Di bagian inilah proses pembakaran serta pendinginan dan pencucian dari gas yang dihasilkan yang kemudian bisa disebut dengan *inert gas*.

Pada lembar selanjutnya akan dijelaskan komponen komponen pada *Inert Gas Generator Body* berikut gambar.



Gambar 3.2 Komponen *Inert Gas Generator*

- a) Ruang pembakaran (*Combustion Chamber*)

Sesuai namanya yaitu *combustion chamber*, bagian ini adalah tempat dimana terjadinya proses pembakaran, bagian ini mempunyai ruang yang disebut dengan Jaket air pendingin (*cooling water jacket*), berfungsi untuk melepaskan panas yang dihasilkan sebanyak mungkin disekeliling ruang pembakaran. *Cooling water jacket* memiliki *spiral*, sehingga air pendingin mengalir di sekitar dinding ruang bakar dan efek pendinginan dapat tercapai secara optimal.

- b) *Pilot Burner*

Pilot Burner adalah alat atau salah satu komponen kecil yang berpengaruh besar terhadap proses pembakaran, karena *pilot burner* ini adalah pematik dari nyala api yang selanjutnya akan diteruskan oleh *Main Burner*. Selama interval tertentu dari urutan pembakaran, *pilot burner* dilengkapi dengan bahan bakar minyak dan udara untuk atomisasi dan

pembakaran. *Pilot burner* dinyalakan dengan bantuan *ignition transformer* dan busi.

Pembakaran nyala api dimonitor oleh pendeteksi nyala api UV (*UV-flame detector*), bersama dengan relai pengaman nyala api dalam sistem listrik.

c) Menara pendingin / cuci (*cooling / washing tower*)

Inert gas panas mengalir melalui *cooling / washing tower*, di mana *inert gas* langsung didinginkan dengan air laut hingga beberapa derajat di atas suhu saluran masuk air laut. Pada saat yang sama, *inert gas* dicuci dari kandungan sulfur oksida. Sulfur oksida ini terbentuk selama pembakaran bahan bakar minyak, karena bahan bakar minyak selalu mengandung belerang. Jadi bagian ini berfungsi untuk mendinginkan sekaligus membersihkan *inert gas* yang dihasilkan dari proses pembakaran yang terjadi pada *combustion chamber*.

d) *Sprayers Nozzle*

Sprayers Nozzle adalah alat yang berfungsi untuk menyemprotkan air laut untuk mendinginkan sekaligus mencuci *inert gas*. Air laut disuplai ke *sprayers* dan jaket ruang pembakaran melalui lubang yang mendistribusikan air pendingin dengan jumlah yang cukup. Air laut yang keluar pada *sprayers* mengalir keluar melalui *waterseal*.

e) *Waterseal*

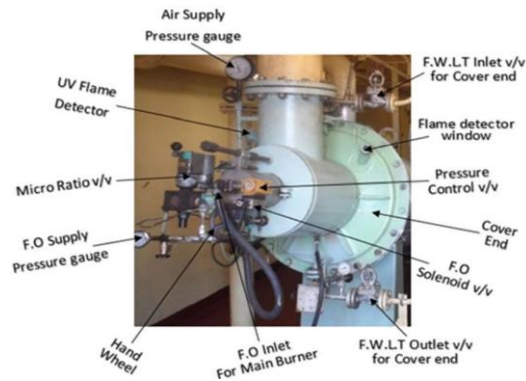
Waterseal adalah bagian dari jalur pembuangan air laut yang disemprotkan oleh *sprayers nozzle* dan juga *cooling / washing tower* yang sudah digunakan untuk mendinginkan serta mencuci *inert gas*.

f) *Demister*

Sebuah *demister* terletak di atas *Cooling / Washing tower*, bagian ini berfungsi untuk mencegah kabut yang terbawa oleh *inert gas*. Kabut ini terkondensasi dan terbuang kembali dalam bentuk tetesan air, melalui *waterseal*.

3. **Front Cover / Upper Cover**

Front Cover / Upper Cover adalah bagian yang menjadi penutup dari *Inert Gas Generator Body*, *Cover* ini tersambung langsung dengan pipa suplai udara dari *IGG Fan*. Dan pada bagian ini terdapat beberapa komponen seperti, *Burner House*, *Cover End*, *Main Burner*, *Burner Cone*, *UV Flame Detector*, *Flame Detector Window*, *Fuel oil Solenoid Valve*, *Fuel Oil Pressure Control Valve*, dan komponen komponen kecil lainnya.



Gambar 3.3 *Front Cover/Upper Cover Inert Gas Generator*

Sumber : <https://blog.docking.id>

Dibawah ini akan dijelaskan mengenai komponen-komponen pada *Front/Upper Cover*.

a) *Cover End*

Cover End adalah bagian ujung penutup (*front cover/upper cover*) dari pada ruang bakar (*combustion chamber*) *inert gas generator*. Bagian ini berbahan *stainless steel* sama seperti *combustion chamber*, dan *burner cone*. Bagian ini mempunyai ruang pendingin yang disebut *cooling water jacket*. Dimana ruang tersebut dialiri dengan air laut sebagai media pendingin.

b) *Burner House*

Burner House adalah tempat dimana *burner* di pasang. *Burner house* ini mempunyai celah, yang mana celah ini adalah sebagai jalan masuknya udara pembakaran yang disuplai oleh *fan / blower*. *Main burner* dapat bergerak maju dan mundur pada *Burner house*. Bagian-bagian celah pada *Burner house* di sekitar kepala *burner* dapat membuat api menjadi lebih kecil atau lebih besar. Karena tekanan suplai *blower* hampir konstan, ini berarti udara pembakaran bisa kurang atau lebih mengalir melalui slot/celah ditentukan oleh posisi *main burner* pada *burner house*.

c) Pembakar utama (*Main Burner*)

Main Burner adalah alat utama yang menghasilkan api dari proses pembakaran yang terjadi pada *inert gas generator*.

Bahan bakar minyak diatomisasi dalam dua langkah. Pertama, semprotan *nozzle* mendispersikan bahan bakar minyak. Kemudian ia mengalami aliran impuls tangensial dari udara pembakaran, yang ditambahkan ke aliran impuls yang terutama berorientasi aksial dari cairan itu sendiri, menghasilkan dispersi cairan yang sangat halus.

Aliran impuls tangensial terbentuk oleh udara yang masuk melalui celah-celah dalam cincin yang dipasang di sekitar *nozzle*.

Atomisasi yang optimal dari bahan bakar minyak dapat tercapai jika tekanan akhir diferensial dari celah cincin atomisasi adalah sekitar 0,1 bar misal, Perbedaan antara tekanan pembakaran (pada *gauge*) dan tekanan di dalam ruang bakar (pengontrol tekanan pada panel kontrol). Rasio kontrol *burner* disesuaikan antara 25% dan 100% *inert gas* menggunakan *hand wheel*. Dimana *hand wheel* dapat menggerakkan *burner* maju atau mundur. Maju berarti *burner* bergerak ke dalam *burner house* sehingga kapasitas udara pembakaran lebih sedikit, mundur berarti *burner* bergerak mundur sehingga kapasitas udara pembakaran lebih tinggi. Kapasitas udara dan bahan bakar minyak disesuaikan pada *burner* melalui katup kontrol yang terhubung secara mekanis dengan *burner*.

d) Tabung ruang bakar (*Burner cone*)

Burner cone adalah bagian dari pelapis / pelindung dari *combustion chamber*. Sehingga api dari hasil pembakaran tidak bersentuhan langsung dengan *combustion chamber*. Bagian ini adalah bagian yang sering terjadi keausan. Oleh karena itu *burner cone* ini harus diperiksa secara berkala terhadap kerusakan, dan diganti segera setelah mulai terbakar (berlubang, terkikis).

e) *UV Flame Detector*

Main Burner dinyalakan oleh *pilot burner*. Pembakaran api dipantau oleh pendeteksi nyala api UV (*UV-flame detector*), bersama dengan *relay* pengaman api pada sistem listrik. Jadi fungsi bagian ini adalah untuk mendeteksi api pada *main burner*. Karena apabila *main burner* sudah menyala, maka api pada *pilot burner* harus dipadamkan.

f) *Flame Detector Window*

Untuk menyetel pembakaran pada *main burner* yaitu dengan memutar *hand wheel* sehingga *main burner* dapat bergerak maju atau mundur. Untuk menyesuaikan hasil penyetelan yaitu dapat terlihat pada api dari hasil proses pembakaran. Api ini dapat dipantau melalui *flame detector window*. Bagian ini berbahan kaca, sehingga api dapat terlihat jelas.

g) *Fuel oil Solenoid Valve*

Bahan bakar minyak mengalir ke *nozzle* dari pada *main burner* melalui dua katup *solenoid*. Selama penyalaan, sejumlah kecil bahan bakar minyak disuplai pada tekanan yang disetel ke *pilot burner* melalui dua katup *solenoid*. *Pressure Switch* memonitor tekanan bahan bakar. Dua katup *solenoid* ini membuka aliran bahan bakar menuju *pilot burner* pada saat awal *start*. Kemudian membuka aliran ke *main burner*. Dan setelah *main burner* menyala. Maka aliran bahan bakar ke *pilot burner* akan ditutup.

h) *Fuel Oil Pressure Control Valve*

Melalui sambungan *Fuel Oil Pressure Control Valve* dihubungkan ke *Main burner*, sehingga suplai bahan bakar dan udara pembakaran dikendalikan secara bersamaan.

Fuel Oil Pressure Control Valve yang digunakan memiliki gradien (nilai kemiringan) yang dapat disesuaikan.

Ini berarti bahwa dengan bantuan beberapa sekrup penyetelan, jumlah bahan bakar minyak yang tepat dapat disuplai ke *main burner*, agar sesuai dengan aliran udara pembakaran di posisi mana pun dari *burner*. Sehingga kandungan O₂ dapat disesuaikan.

4. *Oxygen analyzer*

Oxygen analyzer secara konstan mengukur kandungan oksigen dalam *inert gas* dan akan menimbulkan alarm jika jumlah oksigen maksimum atau minimum yang ditetapkan terlampaui.

Nilai maksimum ditetapkan oleh aplikasi *inert gas* (biasanya sekitar 4% volume O₂). Nilai minimum melindungi terhadap pembakaran stoikiometrik (kandungan CO + H₂ yang terlalu tinggi dengan risiko jelaga), biasanya ditetapkan pada 2% volume O₂.

b) Komponen pendukung *Inert gas generator*:

1) *Scrubber Pump*

Scrubber Pump adalah pompa air laut yang menyuplai air laut menuju *cooling water jacket* pada *combustion chamber* dan *cover end*. Yang mana air laut ini dipergunakan untuk menurunkan temperatur gas hasil pembakaran (*inert gas*) sekaligus untuk mendinginkan ruang pembakaran. *Filter* dari pompa ini menggunakan *sea chest filter* yang digunakan oleh *main sea water cooling service pump*. Apabila pompa ini tidak dapat beroperasi atau terdapat kerusakan. Maka bisa menggunakan *general service pump*.

2) *Fuel Oil Pump*

Terdapat 2 pompa bahan bakar sebagai komponen pendukung *inert gas generator* yang di sertai dengan *filter*. Dimana Bahan bakar minyak dihisap dan disuplai pada tekanan konstan oleh pompa bahan bakar minyak, yang dilengkapi dengan *pressure safety valve*.

Sebelum memulai pembakaran, dan sementara pompa sudah berjalan (waktu pra-pembersihan), semua bahan bakar minyak dipompa kembali melalui katup *overflow*. Melalui katup ini, tekanan operasi pompa juga disesuaikan. Bahan bakar minyak mengalir ke *nozzle of main burner* melalui dua katup *solenoid* dan katup pengatur bahan bakar minyak. Selama penyalaan, sejumlah kecil bahan bakar minyak disuplai pada

tekanan yang disetel ke *pilot burner* melalui dua katup *solenoid* dan *Pressure Switch* memonitor tekanan bahan bakar yang masuk.

3) *Fresh Water Low Temperature Pump* for IGG

Pompa ini berfungsi khusus untuk menyuplai air tawar pada *inert gas generators* saja. Pompa ini dibutuhkan saat melakukan *flushing* pada *cooling water jacket combustion chamber* dan *cover end*. Pompa ini mengisap air tawar dari tangki penyimpanan air tawar kemudian dibuang melalui.

4) *Deck Water Seal Pump*

Pompa ini berfungsi untuk menyuplai air laut ke *deck water seal*. Terdapat 2 pompa *deck water seal* sehingga apabila salah satu pompa rusak, bisa diganti dengan pompa lainnya.

5) *IGG Fan*

Udara pembakaran disuplai ke pembakar utama (*main burner*) oleh kipas sentrifugal yang dinamakan *IGG Fan*. Jumlah udara pembakaran disesuaikan menggunakan *hand wheel* yang dapat menggerakkan *burner*. *Burner* harus disesuaikan sedemikian rupa, sehingga kandungan oksigen dari *inert gas* yang dihasilkan akan berada di antara batas-batasnya.

Tekanan udara dipantau oleh *pressure switches* untuk memantau jika tekanan terlalu rendah. *Inert gas generator* dilengkapi dengan dua *IGG Fan* sesuai dengan persyaratan klasifikasi. Kedua kipas memiliki *block valve* pada saluran keluar (*outlet*). Apabila kipas tidak beroperasi, katup ini harus tertutup. Operator tidak akan dapat menghidupkan *generator* apabila katup ini tidak pada posisi yang tepat.

6) *Purge dan Delivery Valve*

Delivery line generator memiliki keran penghenti pneumatic (*pneumatic stop valve*) yang disebut dengan kran penghentian *delivery valve*) Fungsi *purge valve* adalah untuk membersihkan gas ke luar selama *start-up* dan untuk mengontrol tekanan utama *deck*. Ketika *delivery valve* dibuka, *purge valve* akan secara otomatis mulai mengendalikan tekanan utama *deck*. Misal, jika tekanan dalam tangki rendah, maka *purge valve* akan sepenuhnya tertutup.

Dalam hal mode "*INERT GAS PRODUCTION*" udara bersih (setelah penyalaan) *inert gas* yang pertama kali diproduksi, diterbangkan ke udara luar selama sekitar 5 menit sampai kualitas *inert gas* stabil. Asalkan tidak ada alarm yang terindikasi, inert gas dapat dikirim ke tangki kargo. Pada *local cargo control panel*, operator harus mengoprasikan sakelar "*GENERATOR STAND-BY*" *Inert gas delivery valve* sekarang dapat dibuka melalui *cargo control room panel*. Posisi *purge valve* dan *delivery valve* diperiksa secara otomatis melalui *limit switches* untuk pengoperasian yang aman.

7) *Deck Water Seal*

Fungsi utama alat ini adalah mencegah terjadinya aliran balik (*back flow*) dari gas hidrokarbon pada tangki muatan menuju kamar mesin atau daerah yang seharusnya bebas gas (*safe area*) dimana alat-alat *inert gas* terpasang. Hal penting yang harus diperhatikan pada *deck water seal* adalah level air yang harus selalu diperiksa dan *low water level alarm* harus dites sebelum *inert gas generator* dioperasikan.

8) *Deck Mechanical Non Return Valve dan Deck Isolating valve*

Fungsi utama *deck mechanical non return valve* adalah mencegah kebocoran gas hidrokarbon sebagai akibat *back flow* atau tekanan balik dari tangki muatan dan juga untuk mencegah tekanan balik dari muatan yang akan masuk ke ruang *safe area* melalui *deck water seal*. Sedangkan fungsi dari *isolating valve* adalah mengamankan *non return valve* dan *deck water seal* dari kemungkinan terjadinya tekanan balik.

9) *P/V-valve*

P/V-valve terdapat pada masing-masing tangki muatan yaitu melepaskan atau membebaskan secara otomatis *inert gas* atau gas hidrokarbon dari dalam tangki ke udara luar ketika tekanan gas dalam tangki begitu tinggi atau rendah. *P/V-valve* ini mempunyai batas maksimum tekanan. Sehingga ketika tekanan didalam tangki sudah melewati batas maksimum maka *P/V-valve* ini akan otomatis terbuka.

10) *P/V Breaker*

P/V-breaker adalah bagian yang mempunyai fungsi yang sama seperti *P/V-Valve* yaitu mengatasi kondisi tekanan tangki yang terlalu rendah atau tinggi. Pada situasi yang sangat darurat, *P/V Valve* tidak memiliki kapasitas yang cukup misalnya, *P/V valve* yang tersumbat akibat korosi. *P/V breaker* tidak dapat diblokir karena tidak memiliki bagian yang bergerak secara mekanis dan akan selalu memastikan bahwa tekanan tangki akan berada dalam kisaran yang aman. Level cairan *P/V-breaker* harus diperiksa secara teratur dan diisi ulang.

Tidak Optimalnya Kinerja *Inert Gas Generator*

Penyebab kebocoran *cover end inert gas generator* di kapal MT. BULL KANGEAN terjadi ketika kapal sedang melakukan free gas dan memasuki tahapan *inerting* di *Bozcaada anchorage*, Turkiye yang saat itu kapal akan menuju ke Novorossiysk, Russia pada tanggal 14 Januari 2024 pukul 09.00 waktu setempat. *Chief Officer* memberitahukan kepada *Chief Engineer* akan menggunakan *inert gas generator* untuk melakukan *free gas*, pada saat proses *free gas* berjalan kurang lebih 90 menit *inert gas generator* seketika stop. *Chief Officer* memberitahukan bahwasannya *inert gas generator stop* dan muncul *alarm failure* di PLC (*Panel Local Control*) yang berada di CCR (*Control Cargo Room*) dan di *IGG Room*, mengetahui hal tersebut *Chief Engineer* memberitahukan kepada *2nd Engginer* untuk memeriksa langsung *inert gas generator* dan memberhentikan *inert gas generator* sesuai prosedur. Setelah mengetahui penyebab terjadinya kegagalan pembakaran *2nd Engineer*

mengambil keputusan untuk segera melakukan pembongkaran front Cover / upper Cover atas persetujuan Chief Engineer. Setelah dilakukan pembongkaran pada front cover / upper cover, ternyata benar bahwa terjadi kebocoran pada cover end yang menyebabkan proses pembakaran pada main burner menjadi terhambat, karena main burner terkena air pendingin yang keluar dari celah kebocoran cover end.

Tidak optimalnya kinerja *inert gas generator* ditemukan penyebab terjadinya kegagalan pada saat pembakaran. Ditandai dengan *indicator system failure* pada panel di *Cargo Control Room* (CCR) dan *IGG Room* menyala dan terindikasi error. Salah satu penyebab terjadinya kegagalan saat proses pembakaran adalah terjadinya kebocoran pada *cover end inert gas generator* dilihat melalui glass duga yang berada di *front cover / upper cover*, mengalir air laut yang keluar dari *cooling water inlet combustion chamber* dan *cover end* sehingga menyebabkan kegagalan pada saat pembakaran. Kebocoran pada cover end terjadi akibat korosi dimana bagian dalam *cover end* di aliri air laut dan bagian luar bersentuhan dengan api beserta gas panas. Sehingga korosi basah (*wet corrosion*) dan Korosi Suhu Tinggi (*high temperature corrosion*) sangat mungkin terjadi pada *cover end*.

Tabel 2.2 Penyebab main burner (tidak menyala/padam selama operasi)

Masalah	Penyebab	Ket.
Tidak ada api, Main Burner tidak menyala atau padam selama operasi	Pendeteksi api main burner. Mungkin jendela kotor atau detektor rusak.	X
	Relai pengaman api di panel kontrol generator rusak.	X
	Tekanan minyak rendah. (tekanan bahan bakar minyak sebelum regulating valve)	X
	Oil Nozzle pada Main burner kotor.	X
	Periksa fungsi katup solenoid dalam saluran bahan bakar minyak ke main burner.	X
	Terjadi kebocoran pada cover end akibat korosi	V

Melalui analisis penulis, kinerja inert gas generator kurang optimal sehingga menyebabkan tidak tercapainya produksi gas lembam karena terjadinya kebocoran pada *cover end*. Ditandai dengan *indicator system failure* pada panel di *cargo control room* (CCR) dan *IGG Room* menyala. Pada bagian ini akan dilakukan analisis untuk mencari penyebab utama timbulnya masalah sesuai dengan teknik analisis yang di gunakan.

Kemudian guna mencegah masalah yang sudah dijabarkan diatas, maka upaya yang dilakukan agar *inert gas generator* berfungsi secara normal yaitu sebagai berikut ;

- a) melakukan perbaikan pada *cover end* yang mengalami kebocoran dengan cara pengelasan (*Welding*), bocornya *cover end* dapat dilakukan dengan cara melakukan *welding* pada plat yang bocor.
- b) menyediakan prosedur pengoperasian disekitar permesinan mengenai IGG sebelum dan sesudah beroperasi. Dan melaksanakan prosedur setelah mengoperasikan *inert gas generator* seperti melakukan *flushing* menggunakan air tawar.

Upaya yang dilakukan pencegahan agar tidak terjadi kebocoran pada *cover end* yaitu sebagai berikut :

- a) Rutin melakukan *flushing*

Tujuan dilakukannya *flushing* pada *cover end* yaitu untuk membersihkan sisa air laut yang menempel pada dinding *cover end*. Karena apabila air laut dibiarkan mengendap pada dinding *cover end*, maka akan menyebabkan timbulnya korosi. Manfaat melakukan *flushing* setelah menggunakan *Inert Gas Generator* sebagai berikut :

- 1) Mengurangi penyebab timbulnya korosi
Apabila air laut dibiarkan mengendap pada dinding *cover end*, maka air laut tersebut adalah penyebab terjadinya korosi. Sehingga dengan rutin melakukan *flushing* pada *cover end* akan mengurangi penyebab timbulnya korosi.
- 2) Memelihara ketahanan bahan
Dengan dilakukan *flushing* pada *cover end*, artinya tidak akan ada sisa air laut yang menempel pada dinding *cover end*. Sehingga hal tersebut akan memelihara ketahanan bahan terhadap korosi.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan pada bab - bab sebelumnya, tentang mengoptimalkan kinerja *inert gas generator* guna menunjang operasional pembongkaran (*Discharging*), pembersihan tangki (*Tank Cleaning*), dan *Free Gas* maka performa yang maksimal dari mesin *inert gas generator* sangat diperlukan. Hal ini tidak lepas dari peranan dari seluruh *crew engine department*.

Dari analisis penyebab timbulnya permasalahan dalam tugas akhir ini penulis membuat suatu pemecahan masalah kemudian dibuat kesimpulan guna menjadi masukan dan manfaat bagi *crew* kapal. Berdasarkan hasil penelitian serta dari hasil pembahasan yang didapat sebagai bagian akhir dari tugas akhir ini, penulis memberikan simpulan serta saran yang berkaitan dengan masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini, yaitu :

1. Faktor yang menyebabkan tidak tercapainya produksi gas lembam adalah tidak optimalnya komponen pada *inert gas generator* seperti terjadinya kebocoran pada *cover end*, sehingga menyebabkan kegagalan saat pembakaran pada *main burner Inert Gas generator*
2. Dampak yang didapatkan karena kebocoran *cover end* pada *inert gas generator* adalah kegagalan proses pembakaran pada *inert gas generator* yang berasal dari semburan media pendingin yang mengarah pada *burner*

sehingga menyebabkan terjadinya *flame failure* yang berakibat mengganggu proses *free gas* di kapal MT. BULL KANGEAN karena *inert gas generator* merupakan *safety device* kelancaran operasional pada saat pembongkaran (*Discharging*), pembersihan tangki (*Tank Cleaning*) dan *Free Gas*.

3. Upaya yang dilakukan agar *inert gas generator* dapat berfungsi secara normal yaitu melakukan perbaikan pada *cover end* yang mengalami kebocoran dengan cara pengelasan (*Welding*), menyediakan prosedur pengoperasian disekitar permesinan mengenai IGG sebelum dan sesudah beroperasi. Dan melaksanakan prosedur setelah mengoperasikan *inert gas generator* seperti melakukan *flushing* menggunakan air tawar.

DAFTAR PUSTAKA

- Badrudin. (2014). *Dasar-Dasar Manajemen. Cetakan Kedua*. Bandung: Alfabeta.
- B . Purnomo, P. Sijabat, D. Hermawan, 2020, *Analisis Penyebab Terhambatnya Produksi Gas Lembam Pada Inert Gas Generator Guna Memperlancar Proses Bongkar Muat Di Kapal MT. Olympus 1*, Meteor STIP Marunda. Jakarta
- Society of International Gas Tanker and Terminal Operators. 2016. *Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals (LGHP4) Fourth Edition*. Witherby Publishing Group Ltd, Scotland.
- Susilowati. 2015. *Inert Gas System Kapal Motor Tanker Gandini*. E-jurnal Widya Eksakta. Jakarta.
- International Maritime Organization. (2014). *Safety Of Life At Sea 1974 Consolidated Edition 2014*, IMO, UK
- Susmita Silva, 2022, *Inert gas generator system untuk mendapatkan gas lembam dengan kandungan oksigen konten 3%*, Diploma Thesis Politeknik Ilmu Pelayaran, Semarang
- Dr. Ir. Wolter R. Hetharia M.APP.SC, 2019, *perancangan kapal 1*, Universitas Pattimura, Ambon.