

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



MAKALAH

**OPTIMALISASI PERAWATAN INERT GAS SYSTEM
UNTUK PENERAPAN SISTEM KESELAMATAN PADA
KAPAL LPG/C GAS FELICITY**

Oleh :

SULISTIO BAHARUDIN SUGIANTO
NIS. 01946/T-I

PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT - 1

JAKARTA

2023

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



MAKALAH

**OPTIMALISASI PERAWATAN INERT GAS SYSTEM UNTUK
PENERAPAN SISTEM KESELAMATAN
PADA KAPAL LPG/C GAS FELICITY**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Untuk Menyelesaikan Program ATT - I**

Oleh :

SULISTIO BAHARUDIN SUGIANTO

NIS. 01946/T-I

PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT - 1

JAKARTA

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**




TANDA PERSETUJUAN MAKALAH

Nama : SULISTIO BAHARUDIN SUGIANTO
No. Induk Siwa : 01946/T-I
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN INERT GAS SYSTEM
UNTUK PENERAPAN SISTEM KESELAMATAN PADA
KAPAL LPG/C GAS FELICITY

Pembimbing I,

Jakarta, Juni 2023
Pembimbing II,


P. Dwikora Simanjuntak, MM
Pembina (IV/b)
NIP. 19640906 199903 1 001


Brenhard Mangarur Tampubolon, M.Si
Pembina (IV/ b)
NIP. 19641003 199403 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknika


Markus Yando, S.SiT., M.M
Penata TK. I (III/d)
NIP. 19800605 200812 1 001

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



TANDA PENGESAHAN MAKALAH

Nama : SULISTIO BAHARUDIN SUGIANTO
No. Induk Siwa : 01946/T-I
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I
Jurusan : TEKNIKA
Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN INERT GAS SYSTEM UNTUK
PENERAPAN SISTEM KESELAMATAN PADA KAPAL LPG/C GAS
FELICITY

Penguji I

P. Dwikora Simanjuntak, MM

Pembina (IV/b)

NIP : 19640906 199903 1 001

Penguji II

Imam Fahruddin, S.SI, MSc

Penata (III/c)

NIP : 19981120 201503 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknika

Markus Yando, S.SiT., M.M

Penata TK. I (III/d)

NIP. 19800605 200812 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas berkah dan rahmat serta karunia-nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan makalah ini dengan judul :

“OPTIMALISASI PERAWATAN INERT GAS SYSTEM UNTUK PENERAPAN SISTEM KESELAMATAN PADA KAPAL LPG/C GAS FELICITY”

Makalah ini diajukan dalam rangka melengkapi tugas dan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program pendidikan Ahli Teknik Tingkat - I (ATT -I).

Dalam rangka pembuatan atau penulisan makalah ini, penulis sepenuhnya merasa bahwa masih banyak kekurangan baik dalam teknik penulisan makalah maupun kualitas materi yang disajikan. Untuk itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan.

Dalam penyusunan makalah ini juga tidak lepas dari keterlibatan banyak pihak yang telah membantu, sehingga dalam kesempatan ini pula penulis mengucapkan rasa terima kasih yang terhormat :

1. H. Ahmad wahid M.M.,M.MTr, selaku Kepala Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
2. Capt. Suhartini, S.SiT.,M.M.,M.MTr, selaku Kepala Divisi Pengembangan Usaha Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
3. Bapak Markus Yando, S.SiT.,M.M, selaku Ketua Jurusan Teknik Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
4. Bapak P. Dwikora Simanjuntak, MM, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan pikirannya mengarahkan penulis pada sistematika materi yang baik dan benar
5. Bapak Brenhard Mangatur Tampubolon, M.Si., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan waktunya untuk membimbing proses penulisan makalah ini
6. Seluruh Dosen dan staf pengajar Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta yang telah memberikan bantuan dan dorongan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas makalah ini.
7. Keluarga (Istri serta anak-anak) yang telah memberikan bantuan moril dan semangat nya sehingga saya dapat menyelesaikan makalah ini tepat pada waktunya.
8. Seluruh rekan-rekan yang ikut memberikan sumbangsih pikiran dan saran serta keluarga besar, istri dan anak-anak saya yang telah memberikan motivasi selama penyusunan makalah ini.

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Penggunaan *inert gas* untuk membuat lembam atau inert atmosfir dalam tangki muat bukanlah merupakan kosep baru. Pertama-tama sistem ini digunakan pada kapal-kapal tanker di Amerika serikat sejak tahun 1925. Pada tahun 1932 perusahaan Sun Oil di Philadelphia pertama kali menggunakan sistem ini sebagai alat keselamatan pada kapal-kapal tanker mereka karena sebelumnya terjadi ledakan besar pada salah satu kapalnya. Sistem yang mereka ciptakan waktu itu begitu sederhana namun terbukti berhasil.

Kemudian British petroleum atau BP tanker menggunakan prototype ini pada dua kapal steam pengangkut crude oil pada tahun 1961. Kebijakan ini dilanjutkan dan sejak tahun 1963 semua kapal pengangkut *crude oil* dilengkapi dengan sistim ini. Menyusul kemudian penggunaan sistem ini ditekankan dalam SOLAS Convention 1974 dan peraturan-peraturan serta penggunaannya disempurnakan lagi dalam konvensi internasional di London mengenai *tanker safety* dan *pollution prevention* atau TSPP Protocol 1978.

Kapal tanker yang mengangkut muatan minyak putih mulai dilengkapi dengan sistem gas lembam (*inert gas system*) sejak tahun 1968. Karena Kompleksnya cara pengoperasian kapal-kapal jenis ini dan diperlukan untuk mengangkut beberapa macam grade minyak dalam waktu yang bersamaan, beberapa kesulitan diperkirakan akan timbul tapi kenyataannya kesulitan-kesulitan yang dimaksud jauh lebih sedikit dari yang diperkirakan dan kesederhanaan dari sistem ini dapat dipertahankan.

LPG/C Gas Felicity adalah salah satu armada kapal pengangkut muatan *LPG* (*Liquified petroleum gas*) berbendera Indonesia. Sesuai aturan international *SOLAS* regulasi 62 chapter II-2 konvensi 1974 dan *oil polution prevention* protokol 1978 maka kapal ini dilengkapi dengan *inert gas generator* dengan kapasitas gas lembam yang dihasilkan 2000 m³/hr. Pesawat ini berfungsi untuk membantu kelancaran pengoperasian kapal pada saat pemuatan (*loading*), pembongkaran

DAFTAR ISTILAH

<i>Blower</i>	: Pengisap gas lembab dari <i>scrubber</i> kemudian dimasukkan ke dalam tangki-tangki muatan.
<i>Burner cone</i>	: Bagian dari <i>burner</i> berbentuk kerucut yang berfungsi mengarahkan arah nyala api pada ruang pembakaran secara merata sehingga kualitas inert gas yang dihasilkan memenuhi syarat.
<i>Control System</i>	: Alat pengontrol bekerjanya alat-alat inert gas dengan baik.
<i>Deck Water Seal</i>	: Alat untuk mencegah terjadinya aliran balik dari tanki muatan ke alat-alat gas lembam.
<i>Demister</i>	: Penyaring gas yang sudah dicuci dan didinginkan di <i>scrubber</i> .
<i>Discharge</i>	: Pembongkaran muatan.
<i>Flue Gas</i>	: Gas lembam yang dihasilkan dari hasil pembakaran <i>boiler</i> .
<i>Gas Freing</i>	: Mengeluarkan campuran-campuran gas inert dan sisa <i>hydrocarbon</i> dengan memasukkan udara segar.
<i>IMO</i>	: International Maritime Organization adalah salah satu organisasi dunia yang bergerak dalam dunia maritime
<i>IMCO</i>	: <i>Inter-Governmental maritime Consultative Organisasi</i> yaitu organisasi keselamatan maritime dan pelaksanaanya.
<i>Inert Gas</i>	: Gas atau campuran gas yang tidak mengandung cukup oksigen untuk mendukung pembakaran hidrokarbon.
<i>Inert Gas Generator</i>	: Peralatan yang berdiri sendiri yang dapat memproduksi gas lembam dengan cara pembakaran bahan bakar dalam ruang pembakaran.
<i>Inerting</i>	: Mengurangi kadar O ₂ dalam tangki dengan jalan memasukkan gas lembam.
<i>Main Burner</i>	: Alat penyemprot bahan bakar utama.
<i>Mast Riser</i>	: Tempat pemasangan alat keselamatan untuk membuang gas

terutama sewaktu *loading*.

<i>MGPS</i>	: Marine Growth Provention System adalah Peralatan yang berfungsi meminimalisir pengaruh keasaman kadar cairan terhadap proses korosi dan menghambat pertumbuhan kerang dan tritip.
<i>Oil Nozzle</i>	: Penyemprot bahan bakar.
<i>Oxygen Analyzer</i>	: Alat pengukur kadar oksigen.
<i>Peep Hole</i>	: Lubang intip.
<i>Pilot Burner</i>	: Alat Penyemprot/membakar bahan bakar untuk menyalakan <i>Main Burner</i> .
<i>PMS</i>	: <i>Planned maintenance system</i> yaitu rencana perawatan dan perbaikan secara terpadu
<i>Pressure switch</i>	: Saklar pemutus/penyambung yang bekerja berdasarkan tekanan.
<i>Purging</i>	: Mengurangi kadar gas Hydrocarbon dalam tanki dengan memasukkan lagi gas lembam (Untuk mendesak keluar gas Hydrocarbon
<i>SOLAS</i>	: Safety of Life At Sea (keselamatan jiwa dilaut) peraturan atau ketentuan yang mengatur tentang keselamat jiwa dilaut.
<i>Srubber</i>	: Tempat mengeluarkan kotoran, gas SO ₂ dan mendinginkan gas lembam.
<i>SO₂</i>	: Gas Sulfur
<i>Shut Down</i>	: Stop secara mendadak.
<i>Topping Up</i>	: Memasukkan gas inert ke dalam tangki yang telah berada dalam kondisi inert agar tekanan dalam tangki meningkat guna mencegah udara masuk ke dalam tangki.

(*discharge*), pengisian tanki pembatas (*Holding Tank*) maupun pada saat sebelum atau sesudah kapal masuk *docking*.

Fungsi dari *inert gas generator* adalah memasukkan gas lembam ke dalam tangki-tangki pembatas, Pada saat sebelum dock (tangka-tangki mjuatan pipa-pipa muatan dan pesawat - pesawat bantu muatan). Gas ini berguna menurunkan kadar oksigen dalam keadaan rendah dimana konsentrasi kadar oksigen harus kurang dari 5%. Sistem keselamatan pada kapal LPG sangat dipengaruhi oleh baik atau buruknya perawatan dari *inert gas generator* dan juga tersedianya suku cadang yang memadai di atas kapal. Sehingga faktor sumber daya manusia yang tangguh, terampil dan berpengetahuan yang luas serta didukung oleh suku cadang yang cukup sangat mutlak diperlukan demi kelancaran pengoperasian kapal.

Pengalaman yang pernah penulis alami pada tanggal 17 Juli 2022 saat kapal LPG/C Gas Felicity dalam perjalanan, tiba-tiba *inert gas generator* terjadi *alarm* tekanan rendah untuk pendingin air laut. Tidak lama kemudian pesawat tersebut berhenti dengan sendirinya. Selain masalah tersebut, juga sering terjadi pembakaran yang tidak sempurna diakrenakan kadar oksigen tinggi. Penulis menganggap demikian pentingnya perawatan karena sepengetahuan penulis biasanya itu bisa disebabkan oleh pengabutan bahan bakar utama (*main burner*) atau *pilot burner* tidak berfungsi dengan baik, perawatan pada burner (*main* dan *pilot*) dan system pendinginan air laut seringkali terlambat dilaksanakan karena suku cadangnya tidak tersedia atau terlambatnya supply ke kapal dan kelalaian operator dalam melakukan perawatan, oleh karena itu dapat kita ambil kesimpulan pentingnya *inert gas generator* di dalam membantu pengoperasian kapal. Kerja yang baik pada pesawat ini diharapkan dapat membantu kapal beroperasi dengan system keselamatan yang optimal, sehingga mengurangi kemungkinan-kemungkinan terjadinya kecelakaan atau accident yang dapat menghambat kinerja pengoperasian kapal dan dapat menunjang efektifitas pengiriman LPG dari Pelabuhan muat ke Pelabuhan bongkar yang merupakan tujuan perusahaan agar dapat melayani masyarakat sebaik mungkin dapat terpenuhi.

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis tertarik untuk membuat makalah dengan judul: **“OPTIMALISASI PERAWATAN *INERT GAS SYSTEM* UNTUK PENERAPAN SISTEM KESELAMATAN PADA KAPAL LPG/C GAS FELICITY”**.

B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH

1. Identifikasi Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, maka penulis dapat mengidentifikasi beberapa masalah yang terjadi, diantaranya sebagai berikut:

- a. Pengabut bahan bakar utama (*main burner*) tidak berfungsi dengan baik
- b. Tekanan pendingin air laut rendah pada *inert gas plant*.
- c. Tidak berfungsinya *pilot burner* pada *Inert gas generator*.
- d. Tidak tersedianya suku cadang di atas kapal atau terlambatnya suplay ke kapal.
- e. Kelalaian operator dalam melakukan perawatan *inert gas generator*.

2. Batasan Masalah

Oleh karena luasnya pembahasan mengenai masalah perawatan *inert gas generator* maka penulis membatasi pembahasan pada makalah ini berdasarkan pengalaman penulis selama bekerja di atas kapal LPG/C Gas Felicity sebagai *Gas Engineer* periode 4 Juni 2022 sampai dengan 28 Januari 2023. Pembahasan pada makalah ini berkisar tentang :

- a. Pengabut bahan bakar utama (*Main burner*) tidak berfungsi dengan baik
- b. Tekanan pendingin air laut rendah pada *inert gas plant*.

3. Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah yang akan dibahas sebagaimana telah dijelaskan pada batasan masalah diatas, maka untuk mempermudah dalam mencari pemecahannya penulis merumuskan masalahnya sebagai berikut :

- a. Mengapa pengabut bahan bakar utama (*Main burner*) tidak berfungsi dengan baik ?
- b. Apa yang menyebabkan tekanan pendingin air laut rendah pada *inert gas plant*?

C. TUJUAN DAN MANFAAT PENULISAN

1. Tujuan Penulisan

Adapun tujuan dari penulisan dari makalah ini adalah bertujuan untuk:

- a. Untuk mengidentifikasi masalah yang terjadi pada *inert gas generator* di LPG/C Gas Felicity.
- b. Untuk mencari penyebab Pengabut bahan bakar utama (*Main burner*) tidak berfungsi dengan baik dan juga apa yang menyebabkan Tekanan pendingin air laut rendah pada *inert gas plant*.
- c. Untuk mencari pemecahan masalah tersebut sehingga *inert gas generator* dapat berfungsi dengan baik untuk menunjang kelancaran operasional kapal.

2. Manfaat Penulisan

a. Manfaat bagi Dunia Akademis

- 1) Sebagai sumber referensi bagi rekan pasis untuk lebih mengenal dan memahami tentang *inert gas generator*.
- 2) Sebagai sumber pengetahuan bagi rekan-rekan pasis dalam mengatasi masalah yang mungkin terjadi pada *Inert gas generator*.
- 3) Sebagai referensi ilmu dalam proses pendidikan dan latihan (Diklat) pasis ahli nautika STIP Jakarta.
- 4) Setelah membaca makala ini peserta diklat diharapkan mampu menjelaskan sebab-sebab kemungkinan kegagalan dari system dan cara mengatasinya serta pelaksanaan pemeliharaan dari masing-masing komponen peralatan *inert gas generator*.

b. Manfaat bagi Dunia Praktisi

- 1) Memberikan pengetahuan bagaimana cara mengatasi permasalahan yang terjadi pada *inert gas generator*.
- 2) Memberikan pemahaman kepada rekan-rekan masinis di atas kapal tanker tentang pentingnya perawatan *inert gas generator*, sesuai

dengan system perawatan yang terencana (*Planned Maintenance system*).

- 3) Setelah menyelesaikan makalah ini para pasis diharapkan dapat memahami prosedur yang benar dalam aplikasi operasional peralatan Inert Gas System dalam upaya meningkatkan keselamatan dan mencegah kebakaran atau ledakan dalam tangki muat sewaktu melaksanakan kegiatan penanganan muatan pada kapal pengangkut minyak.

D. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penyusunan makalah ini diantaranya yaitu:

1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang penulis gunakan dalam penyusunan penulisan makalah ini adalah menggunakan metode deskripsi kualitatif dimana dalam menemukan kebenaran yang obyektif dari suatu permasalahan yang melalui penguraian dan penjelasan pemecahan permasalahan melalui tugas-tugas pada setiap bagian dan pelaksanaannya.

2. Teknik pengumpulan data

Dalam penulisan ini makalah ini penulis menggunakan teknik pengumpulan data melalui teknik observasi (pengamatan) langsung di atas kapal tempat penulis bekerja sebelumnya, dan sebagai pelengkap data maka penulis juga menggunakan beberapa buku referensi yang berkaitan dengan pembahasan suku cadang dalam penulisan makalah ini.

3. Subjek Penelitian

Subjek penelitian penyusunan makalah yaitu perawatan *inert gas generator* di LPG/C Gas Felicity berdasarkan pengalaman penulis bekerja dan melakukan aktivitas sebagai *Gas Engineer*.

4. Teknik Analisis Data

Dalam pengambilan Teknik Analisis Data yang digunakan penulis dalam penyusunan penulisan makalah ini adalah analisis data terhadap akar

permasalahan yang di uraikan/di bahas berdasarkan data dari pengalaman maupun dari buku-buku referensi yang berkaitan dengan permasalahan yang sedang dibahas.

E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

1. Waktu Penelitian

Waktu penelitian dalam penyusunan makalah ini dilakukan saat penulis bekerja di atas LPG/C Gas Felicity sebagai *Gas Engineer* sejak 4 Juni 2022 sampai dengan 28 January 2023.

2. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di atas LPG/C Gas Felicity, salah satu armada milik perusahaan Arcadia Shipping Line yang beroperasi di alur pelayaran Kalbut - Houston.

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan dibutuhkan dalam penyusunan makalah guna menghasilkan suatu bahasan yang sistematis dan memudahkan dalam pembahasan maupun pemahaman makalah yang disusun, adapun sistematika penulisan adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang informasi umum yaitu latar belakang penelitian, identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, dan sistematika penulisan. Latar belakang memberikan gambaran umum masalah yang akan dibahas, alasan pemilihan judul, serta mendeskripsikan beberapa permasalahan yang terjadi berkaitan dengan judul. Identifikasi Masalah menyebutkan permasalahan di atas kapal yang timbul yang berkaitan dengan latar belakang. Batasan Masalah, menetapkan batas-batas permasalahan dengan jelas dan menentukan ruang lingkup pembahasan di dalam makalah. Rumusan masalah merupakan permasalahan yang paling

dominan terjadi di atas kapal dalam bentuk kalimat tanya. Tujuan dan manfaat merupakan sasaran yang akan dicapai beserta gambaran kontribusi dari penulisan makalah ini.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tinjauan pustaka, yang diambil dari beberapa kutipan buku dan kerangka pemikiran. Tinjauan Pustaka membahas beberapa teori yang berkaitan dengan rumusan masalah dan dapat membantu untuk mencari solusi atau pemecahan yang tepat. Kerangka Pemikiran merupakan skema atau alur inti dari makalah ini yang bersifat argumentatif, logis dan analitis berdasarkan kajian teoritis, terkait dengan objek yang akan dikaji.

BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi deskripsi data yang merupakan data yang diambil dari lapangan berupa spesifikasi kapal dan pekerjaannya, pengamatan pada fakta-fakta yang terjadi di atas kapal sesuai dengan permasalahan yang di bahas. Fakta dan kondisi disini meliputi waktu kejadian dan tempat kejadian yang sebenarnya terjadi diatas kapal berdasarkan pengalaman penulis. Analisis data adalah hasil analisa faktor-faktor yang menjadi penyebab rumusan masalah. Pemecahan masalah di dalam penulisan makalah ini mendeskripsikan solusi yang tepat dengan menganalisis unsur-unsur positif dari penyebab masalah.

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang merupakan pernyataan singkat dan tepat berdasarkan hasil analisis data sehubungan dengan faktor penyebab pada rumusan masalah. Serta saran yang merupakan pernyataan singkat dan tepat berdasarkan hasil pembahasan sebagai solusi dari rumusan masalah yang merupakan masukan untuk perbaikan yang akan dicapai.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini penulis memaparkan teori-teori dan istilah-istilah yang berhubungan dan mendukung dari pembahasan permasalahan yang akan dibahas lebih lanjut pada masalah ini yang bersumber dari referensi buku-buku pustaka yang terkait, yaitu :

1. Perawatan

a. Definisi Perawatan

Menurut Jay Heizer dan Barry Render, (2018:121) bahwa perawatan adalah “*all activities involved in keeping a system's equipment in working order*”. Artinya pemeliharaan adalah segala kegiatan yang di dalamnya adalah untuk menjaga sistem peralatan agar bekerja dengan baik.

Menurut M.S Sehwarat dan J.S Narang, (2019:45) bahwa perawatan (*maintenance*) adalah sebuah pekerjaan yang dilakukan secara berurutan untuk menjaga atau memperbaiki fasilitas yang ada sehingga sesuai dengan standar (sesuai dengan standar fungsional dan kualitas).

Menurut Sofyan Assauri, (2019:23) perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas/peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian/penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

Dari beberapa pendapat di atas bahwa dapat disimpulkan bahwa kegiatan pemeliharaan dilakukan untuk merawat ataupun memperbaiki peralatan perusahaan agar dapat melaksanakan produksi dengan efektif dan efisien.

b. Tujuan Perawatan (*Maintenance*)

Tujuan dilakukannya perawatan yaitu :

- 1) Menurut Daryus A, (2018:13) dalam bukunya “Manajemen

Pemeliharaan Mesin” Tujuan pemeliharaan atau perawatan yang utama dapat didefinisikan sebagai berikut:

- 1) Untuk memperpanjang kegunaan asset.
- 2) Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan mendapatkan laba investasi maksimum yang mungkin,
- 3) Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu,
- 4) Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

2) Menurut Sofyan Assauri, (2019:25), tujuan perawatan yaitu :

- 1) Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi,
- 2) Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu,
- 3) Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpanan yang di luar batas dan menjaga modal yang di investasikan tersebut,
- 4) Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan pemeliharaan secara efektif dan efisien,
- 5) Menghindari kegiatan pemeliharaan yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja,
- 6) Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi - fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan yaitu tingkat keuntungan (*return on investment*) yang sebaik mungkin dan total biaya yang terendah.

c. Fungsi Perawatan

Menurut pendapat Agus Ahyari, (2017:133) fungsi pemeliharaan adalah agar dapat memperpanjang umur ekonomis dari mesin dan peralatan produksi yang ada serta mengusahakan agar mesin dan peralatan produksi tersebut selalu dalam keadaan optimal dan siap pakai untuk pelaksanaan proses produksi.

Keuntungan-keuntungan yang akan diperoleh dengan adanya perawatan yang baik terhadap mesin, adalah sebagai berikut :

- 1) Mesin dan peralatan produksi yang ada dalam perusahaan yang bersangkutan akan dapat dipergunakan dalam jangka waktu panjang,
- 2) Pelaksanaan proses produksi dalam perusahaan yang bersangkutan berjalan dengan lancar,
- 3) Dapat menghindarkan diri atau dapat menekan sekecil mungkin terdapatnya kemungkinan kerusakan-kerusakan berat dari mesin dan peralatan produksi selama proses produksi berjalan,
- 4) Peralatan produksi yang digunakan dapat berjalan stabil dan baik, maka proses dan pengendalian kualitas proses harus dilaksanakan dengan baik pula,
- 5) Dapat dihindarkannya kerusakan-kerusakan total dari mesin dan peralatan produksi yang digunakan,
- 6) Apabila mesin dan peralatan produksi berjalan dengan baik, maka penyerapan bahan baku dapat berjalan normal.

d. Jenis-Jenis Perawatan

Menurut muhammad Arsyad dan Ahmad Zubair sultan dalam buku “Manajemen Perawatan“ perawatan dibagi menjadi 7 macam

- 1) *Prefentive Maintenance*

Prefentive Maintenance disebut juga tindakan pencegahan atau overhaul, yaitu kegiatan pemeliharaan dan perawatan untuk

mencegah kerusakan yang tak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang menyebabkan fasilitas operasi lebih tepat. Perawatan *prefentive* apabila direncanakan dengan baik dapat mencegah terjadinya kegagalan atau kerusakan, sebab apabila terjadi kerusakan peralatan operasi dapat berakibat kemacetan produksi secara total.

Prefentive Maintenance sangat tepat dilakukan, karena kegunaannya sangat efektif dalam menghadapi fasilitas-fasilitas produksi yang termasuk dalam *critical unit*, yaitu peralatan atau fasilitas yang membahayakan kesehatan dan keselamatan kerja, mempengaruhi produk yang dihasilkan, dapat menyebabkan kemacetan seluruh proses produksi, dan apabila modal yang ditanam untuk fasilitas ini relatif lebih mahal.

Dalam prakteknya perawatan preventif yang dilakukan di kapal dapat dibedakan lagi sebagai berikut:

- a) Perawatan rutin, yaitu aktivitas pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara rutin atau setiap hari.
- b) Perawatan periodik, yaitu aktivitas pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara periodik menurut jangka waktu, misalnya setiap minggu, setiap bulan, setiap 3 bulan, setiap 6 bulan, 12 bulan, dan seterusnya atau menurut jam kerja misalnya setiap 100 jam, 250 jam, 500 jam dan seterusnya.

2) *Corrective Maintenance*

Corrective Maintenance disebut juga *break down maintenance*, yaitu kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan, kegagalan, atau kelainan fasilitas produksi sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik.

3) *Emergency maintenance*

Emergency maintenance adalah kegiatan perbaikan yang harus segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tidak terduga.

4) *Running maintenance*

Dimana pekerjaan perawatan dilakukan Ketika fasilitas atau peralatan dalam kegiatan beroperasi. Perawatan berjalan diterapkan pada peralatan-peralatan yang harus beroperasi terus dalam melayani proses produksi. Beberapa kegiatan yang dilakukan seperti pembersihan, pemeriksaan, penyetelan.

5) *Shut down maintenance*

Dimana pekerjaan perawatan dilakukan Ketika fasilitas atau peralatan harus dalam kegiatan berhenti. Perawatan berhenti merupakan kegiatan perawatan yang telah direncanakan. Beberapa kegiatan yang dilakukan seperti pembersihan, pemeriksaan, overhauled.

6) *Breakdown maintenance*

Merupakan pekerjaan perawatan dilakukan setelah terjadi kerusakan pada peralatan, dan untuk memperbaikinya harus disiapkan suku cadang, material, alat-alat, dan tenaga kerjanya.

7) *Overhaul maintenance*

Merupakan kegiatan rutin yang meliputi pembongkaran, pembersihan, pemeriksaan, pengukuran, perbaikan, perakitan, dan pengetesan.

2. *Inert Gas*

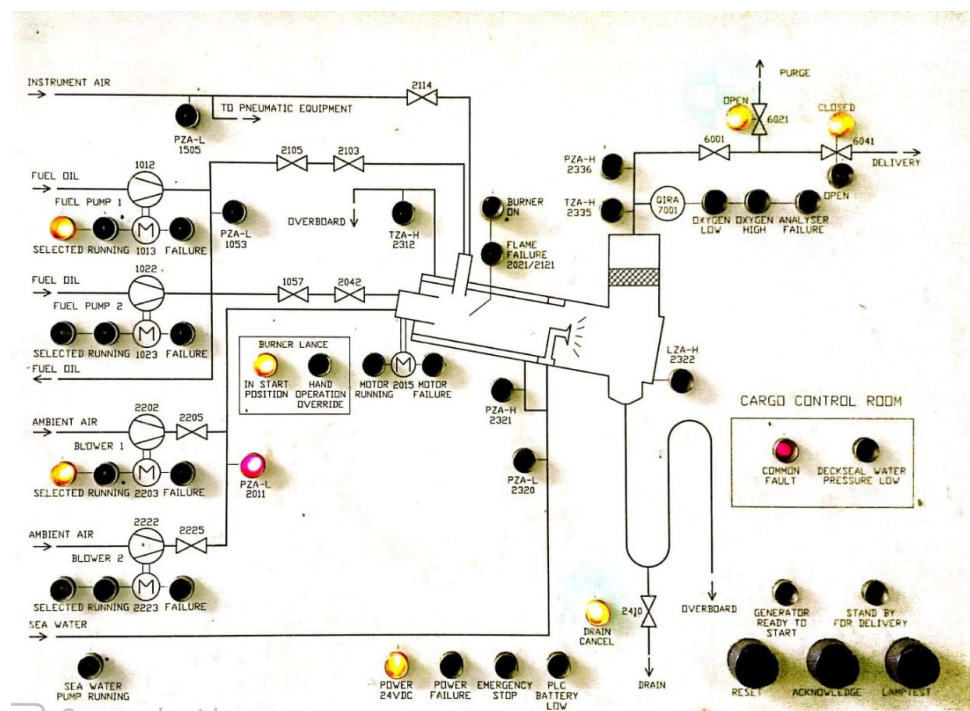
a. *Pengertian Inert Gas*

Berdasarkan IMO *inert gas* adalah suatu gas atau campuran gas yang dapat mempertahankan kadar oksigen dalam presentase rendah sehingga dapat mencegah terjadinya ledakan atau kebakaran. Kondisi *inert* artinya suatu kondisi dimana kadar oksigen pada tangki dipertahankan dalam keadaan kurang dari 5% dibandingkan dengan jumlah volume gas yang

ada pada atmosfer tangki tersebut.

Inert gas generator adalah peralatan dengan sistim distribusi gas lembam beserta sarana-sarana yang berdiri sendiri untuk menghasilkan gas lembab dengan cara pembakaran bahan bakar dalam ruangan pembakaran gas yang dihasilkan akan didinginkan dalam *scrubber/chiller*, dikeringkan di *dryer* dan di alirkan kedalam tangki-tangki pembatas (*Holding tank*). Pada saat *inert gas* ditambahkan pada hidrokarbon hasilnya akan didapat penurunan konsentrasi atau kadar oksigen, sehingga dapat mencegah terjadinya api atau ledakan. Adapun komposisi gas lembam adalah : karbondioksida 12-14%, karbonmonoksida dibawah 500 ppm, oksigen 2-4% by volume, sulfur dioksida dibawah 50 ppm, sisanya adalah gas nitrogen dan gas lainnya.

Prinsip kerja dari *inert gas system* yaitu mengisi dan mendistribusikan gas *inert* ke dalam tangki agar kadar oksigen dalam keadaan rendah, melindungi tangki dari tekanan gas yang berlebih dan mencegah aliran balik dari muatan gas. *Inert gas sytem* ini dilengkapi pula dengan alat pengukur yang tetap maupun jinjing dan alat pengontrol.



Gambar 2.2 *Inert Gas Generator Local Control*

Purging artinya memasukkan gas *inert* ke dalam tangki *inert* dimana

tangki tersebut telah ada dalam kondisi inert, agar terjadi pengurangan kadar oksigen sehingga apabila tangki tersebut kemasukan udara segar tidak terjadi kebakaran dan ledakkan.

Inerting berarti memasukkan gas lembam kedalam tangki dengan tujuan untuk mencapai kondisi lembam seperti didefinisikan dalam kondisi lembam. *Gas freeing* artinya memasukkan udara segar ke dalam tangki dengan maksud menghilangkan gas beracun. Untuk mengganti atmosfer dalam tangki ada 2 cara yang bias dilakukan selama ini:

- 1) *Dilution* dengan cara *mixing* dalam proses ini *inert gas* yang dimasukkan kedalam tngki harus kecepatan tinggi sehingga dapat mencapai dasar tangki untuk mendesak keluar gas *Hydro-carbon*. Dengan cara ini akan terjadi campuran gas yang akhir campuran gas tersebut terdesak keluar dengan masuknya inert gas lebih banyak.
- 2) *Displacement* dengan cara penggantian secara teratur dimana gas yang dimasukkan secara *vertical* sehingga gas yang lebih berat dalam tangki muat akan terdesak ke *bottom tank* kemudian secara teratur keluar dari pipa sampai tangki muat terisi semua dengan inert gas. Cara ini memerlukan kecepatan *inert gas* masuk dalam tangki *relative* rendah.



Gambar 2.3 Smit Inert Gas Generator

Topping up artinya memasukkan *gas inert* ke dalam tangki yang telah berada dalam kondisi inert agar tekanan dalam tangki meningkat sehingga dapat mencegah adanya udara masuk ke dalamnya untuk alasan keselamatan.

b. Metode Mendapatkan Inert Gas

Menurut Smith (2015:412) bahwa gas lembam (*inert gas*) dapat diperoleh dari berbagai cara, yaitu:

1) Pemanfaatan Gas buang *boiler*

Memiliki sifat yang korosif tetapi tidak perlu mengeluarkan biaya operasi tambahan untuk dapat memperoleh gas lembam karena pada kapal tanker selalu dilengkapi *boiler*.

2) Nitrogen

Gas yang tidak dapat terbakar, akan tetapi di kapal jumlahnya sangat terbatas dan harus mengeluarkan biaya untuk mendapatkannya. Untuk kargo berupa cairan kimia, maka inert gas yang dipergunakan adalah Nitrogen. Hal tersebut dikarenakan tidak ada karbon/ kotoran gas yang dihasilkan.

3) Gas pembakaran *burner*

Meskipun diperoleh dengan cara memanfaatkan gas sisa pembakaran akan tetapi kandungan oksigennya masih cukup tinggi, yaitu sekitar 12%.

4) Gas buang mesin diesel

Cara ini diperlukan biaya tambahan untuk bahan bakar, akan tetapi nilai positifnya adalah jumlah gas lembam yang dihasilkan dapat diatur dengan mudah.

c. Komponen Utama Dalam System

Komponen utama dalam system yaitu *unit generator, Inert gas scrubber, chiller, demister separator/ drier, non return valve*, dan *control system*.

- 1) *Inert gas generator* berfungsi untuk menghasilkan gas lembab dengan cara pembakaran bahan bakar dalam ruangan pembakaran gas yang dihasilkan akan didinginkan dalam *scrubber* dan dialirkan kedalam tangki-tangki muatan.
- 2) *Inert gas scrubber* berfungsi untuk mengeluarkan kotoran-kotoran seperti abu dan endapan-endapan dari hasil pembakaran bahan bakar, mendinginkan gas inert tersebut kurang lebih 5°C diatas temperature air laut dan mengeluarkan gas SO₂ dengan air laut dimana paling kurang 90% ini harus dikeluarkan.
- 3) *Chiller* berfungsi untuk mendingin kan *inert gas* yang telah keluar dari *scrubber*.
- 4) *Demister separator / drier* berfungsi sebagai penyaring gas yang sudah dicuci dan didinginkan di *chiller* masuk ke *demister* dimana masih ada sisa-sisa *particles* dan *liquid* terutama air.
- 5) *Inert gas blower* berfungsi menghisap gas yang sudah bersih tadi dari *scrubber* kemudian dialirkan ke tangki-tangki dengan *blower* tersebut.
- 6) *Non return valve* berfungsi sebagai alat untuk mencegah jangan sampai terjadi aliran balik dari udara dari tangka pembatas ke *inert gas plant* atau daerah yang seharusnya.
- 7) *Pressure Vacuum (PV) breaker* berfungsi membantu dalam mengendalikan tekanan berlebih atau kurang ditangki muatan.

3. Penerapan system keselamatan

Adapun penerapan system keselamatn pada *inert gas system* maupun *inert gas generator* adalah:

- a. Prinsip *gas inert* yaitu mencegah kebakaran dan meledaknya kapal ditangki-tangki muatan dengan sistem *gas inert* dicapai dengan memasukkan *gas inert* ke dalam tangki untuk menjaga agar kadar oksigen dalam keadaan rendah agar atmosfer tangki pada proporsi yang aman.
- b. Menahan *Vapour* LPG pada tanki mjuatan agar tidak bocor ke luar

apabila terjadi kebocoran pada tanki muatan.

- c. Batas dapat terbakar (*flammable limits*) dimana percampuran antara gas hydrocarbon dan udara tidak akan menyala kecuali apabila komposisinya berada pada daerah yang kita kenai dengan *fammable range*, daerah ini dibatasi dengan *lower flammable limit* dan *upper flammable limit*. Kebakaran baru bisa terjadi kalau memenuhi persyaratan dari *fire triangle* yakni :

- 1). *Source of ignition* yang berasal dari percikan api.
- 2). *Fuel* dalam hal ini hidrokarbon yang memenuhi persyaratan.
- 3). Oksigen yang cukup untuk terbakar.

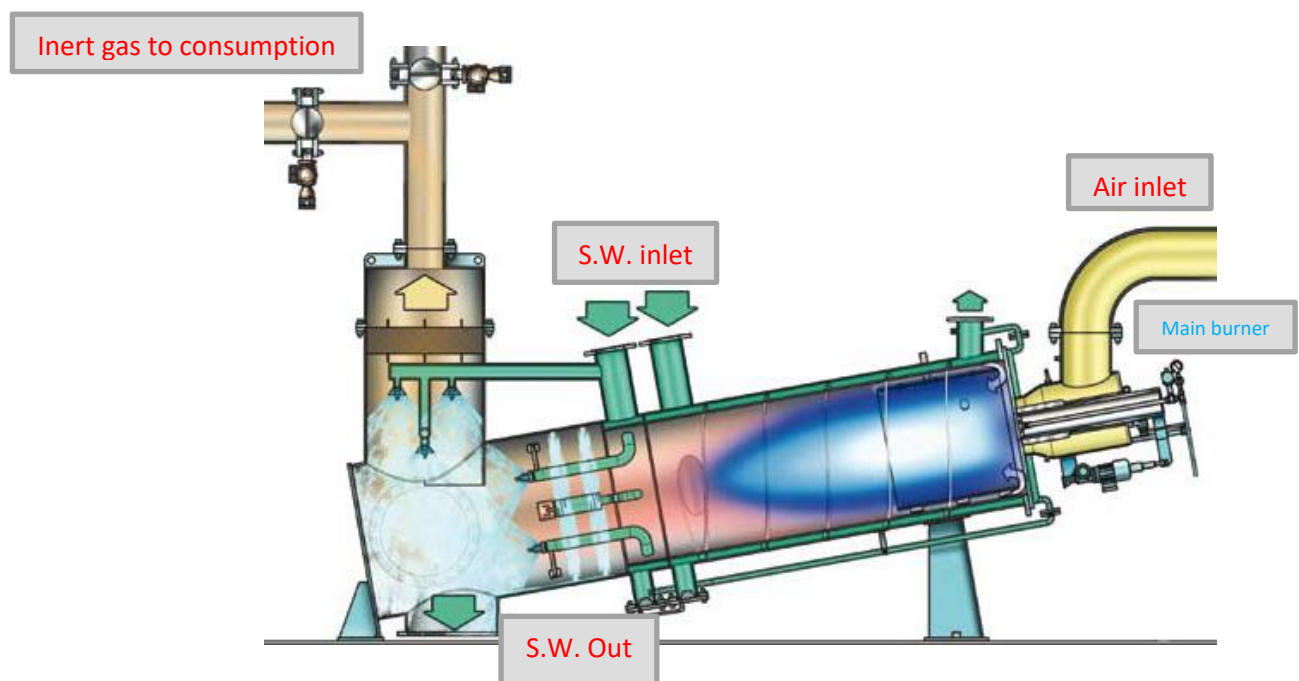
Kalau salah satu dari 3 unsur ini tidak ada atau tidak memenuhi persyaratan jumlah (kadarnya) maka tidak akan terjadi kebakaran, pengalaman telah menunjukkan bahwa manusia telah bersusah payah untuk membatasi *Source of ignition* untuk dihilangkan dari *fire triangle* dalam pengoperasian tanker tapi tidak pernah berhasil. Oleh sebab itu oleh IMO dikeluarkan peraturan-peraturan yang harus berlaku secara internasional (pada Negara-negara anggota IMO) yang terkenal dengan Nama TSPP 1978.

Apabila konsentrasi *gas hydrocarbon* berada dibawah batas dapat terbakar berarti tidak terdapat *hydrocarbon* yang cukup untuk menyebabkan terjadinya pembakaran, sedang apabila kadar *hydrocarbon* berada diatas *flammable limit* berarti tidak cukup udara untuk membakar. Batas daerah yang dapat terbakar pada prakteknya dari muatan minyak berisi antara 1% sampai dengan 11% *hydrocarbon gas by volume*. Kadar oksigen dalam udara segar adalah 21% dan kalau kadar O₂ dikurangi dibawah 10% maka sudah tidak cukup untuk menimbulkan nyala api (*Ignation*). Sebab itu untuk mengunci tangki muatan harus dimasukkan *inert gas* ke dalam tangki penahan sampai dibawah batas kadar oksigen yang bisa membantu menimbulkan Ignation.

Pengaruh *gas inert* terhadap penyalan ketika *gas inert* ditambahkan suatu gas *hydrocarbon* atau campuran udara, hasilnya akan menaikkan konsentrasi *lower flammable limit* dan akan mengurangi konsentrasi *upper*

flammable limit. Adapun sumber penyalan *inert gas system* yaitu Untuk menghasilkan *gas inert* dengan kualitas yang lebih baik dipakai peralatan khusus yaitu *inert gas generator* sebagai pengganti ketel biasa.

Cara kerja *gas inert generator* hampir sama dengan pembakaran pada ketel biasa, akan tetapi alat ini dibuat khusus untuk membuat gas inert maka dilengkapi dengan ruang pendingin untuk menurunkan kadar SO₂. Jika kita memakai air laut untuk pendingin maka harus dibuat dari bahan tahan korosi. Keuntungan dari pemakaian *inert gas generator* adalah dalam pemeliharaannya yang sederhana karena tidak perlu membongkar bagian-bagian utama.



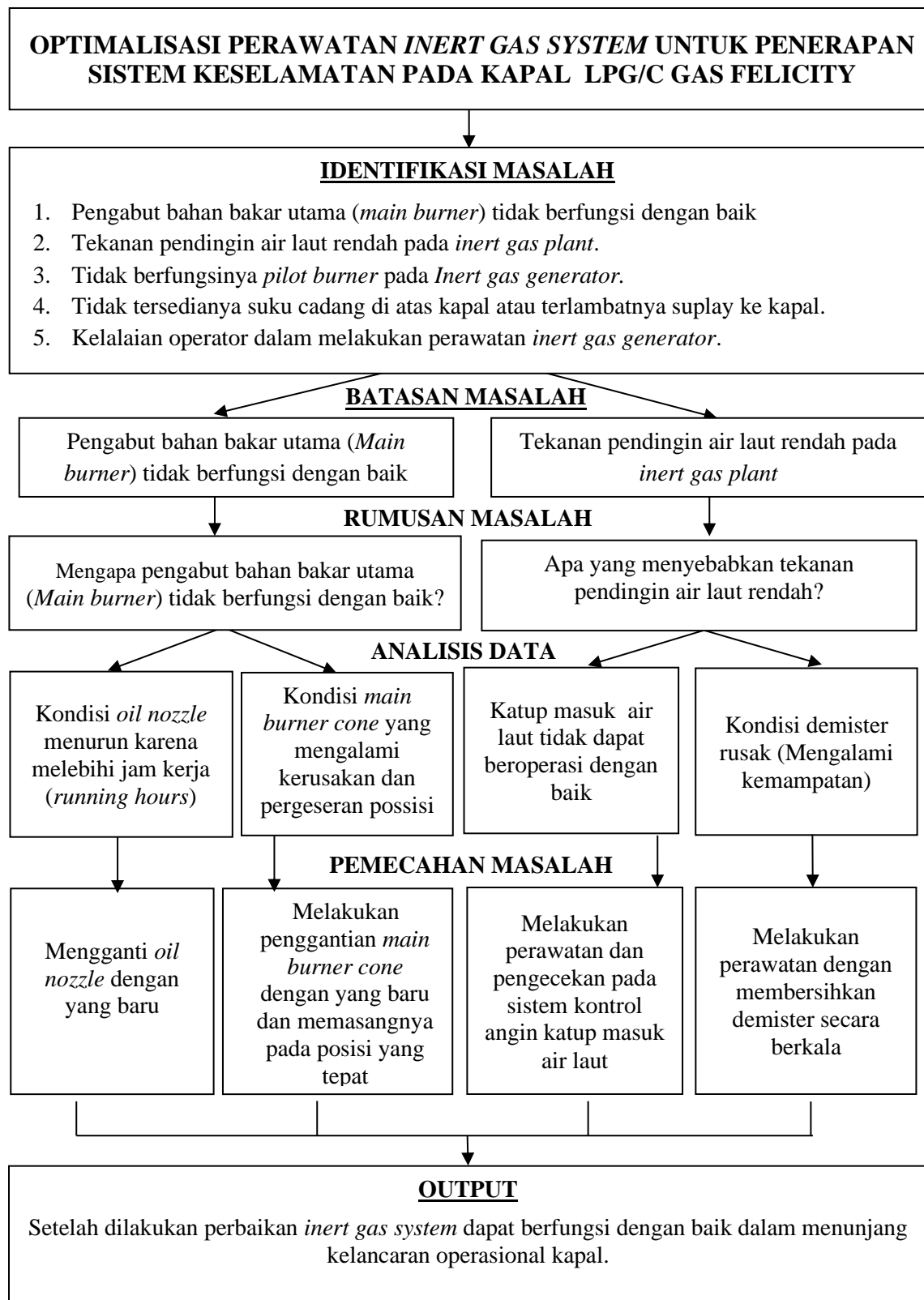
Gambar 2.4 Proses Pembakaran/Pendinginan pada Smit Inert Gas Generator

Di dalam kapal tanker fungsi dari *inert gas generator* adalah menghasilkan gas lembam dan juga udara kering. Gas lembam ini berfungsi untuk menghilangkan gas-gas yang berbahaya di dalam tangki-tangki pembatas pada saat *operasi* atau tangki-tangki muatan, mesin-mesin yang berhubungan dengan muatan, dan pipa-pipa muatan pada waktu kapal akan melaksanakan *docking* atau *gas free*.

Pada saat menjalankan *inert gas generator* untuk menghasilkan gas lembam, diesel oil dari DO Inert gas pump dengan tekanan 10 Bar dibakar di ruang bakar dengan menggunakan alat pengabut bahan bakar utama (*main burner*) yang di dalam main burner itu terdapat nozzle dan main burner cone yang berfungsi mengabutkan bahan bakar ke dalam ruang bakar. Hasil dari pembakaran kemudian didinginkan dan di bersihkan dari jelaga-jelaga oleh air laut di dalam scrubber yang di dalam nya terdapat demister yang dialiri air laut bertekanan dari *ccargo cooling water pump* sebesar 3 bar dengan cara menyemprotkan air laut tersebut secara merata. Selanjutnya gas lembam didinginkan di *inert gas cooler* dan dikeringkan di *dryer* dan seterusnya dialirkan ke dalam ruang-ruang *consumer*. Di dalam proses pembuatan gas lembam, kandungan gas oksigen harus selalu dijaga antara 2.0-4.0% dan juga bebas dari jelaga-jelaga yang diakibatkan oleh pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna. Oleh karena itu hasil pembakaran harus sempurna sehingga dihasilkan gas lembam yang baik, yang sesuai dengan standar yang ditentukan. Sehingga peranan pengabut bahan bakar utama (*main burner*) sangatlah penting.

Disini pengabut bahan bakar utama (*main burner*) didesain dengan khusus dengan mengikuti standar Smit Ultramizing Combustion System. Dalam sistem ini, bahan bakar di *atomizing* secara dua tahap. Tahap pertama, bahan bakar dengan udara bertekanan disemprotkan secara konvensional di dalam *oil nozzle* pada *pilot burner*, kemudian tahap kedua bahan bakar disemprotkan ke *oil nozzle* pada *main burner* sehingga terjadi pembakaran pada ruang bakar secara terus menerus menghasilkan gas lembam yang baik dengan kadar oksigen yang sedikit dan bebas dari jelaga - jelaga.

B. KERANGKA PEMIKIRAN



BAB III

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA

Untuk mengurangi resiko terjadinya kebakaran dan ledakan di atas kapal tanker perlu ditiadakan adanya sumber api dan udara (atmosfer) yang dapat terbakar yang secara bersamaan dan timbul ditempat yang sama. Untuk mencegah terjadinya hal tersebut perlu tindakan kewaspadaan umum di atas kapal tanker perlu dilaksanakan dengan tujuan meniadakan salah satu dari padanya.

Fakta yang pernah penulis alami saat bekerja di atas LPG/C Gas Felicity diantaranya yaitu :

1. Pengabut Bahan Bakar Utama (*Main Burner*) tidak Berfungsi Dengan Baik

Pada tanggal 17 Juli 2022 pada saat kapal melakukan pembongkaran muatan dan saat itu Inert gas generator sedang bekerja dengan beban penuh untuk menghasilkan gas lembam yang dimasukkan ke dalam tangki - tangki pembatas, Pada jam 16.20 waktu Malaysia terjadi alarm yaitu kadar untuk oksigen tinggi yang mencapai 12%, dimana kadar oksigen dalam keadaan normal sekitar 2.0%-5.0%. Kemudian melakukan visual check parameter untuk tekanan bahan bakar, temperature ruang bakar, temperature gas lembam yang keluar dari *Inert gas generator*, menunjukkan kondisi normal, namun pada saat dilakukan pengecekan nyala api melalui *peep hole* didapatkan kondisi nyala api yang kurang baik.

Dengan melihat kondisi nyala api tersebut *chief engineer* memutuskan untuk menghentikan untuk sementara *Inert gas generator*. Kemudian diadakan pengecekan pada pengabut bahan bakar utama (*Main burner*), ternyata kondisi dari *oil nozzle* dipenuhi oleh carbon, dan setelah diadakan pembersihan pada *oil nozzle* kemudian dilakukan pengecekan lubang - lubang pada pengabut tersebut, setelah selesai didapat bahwa lubang-lubang pengabut tersebut sudah melebar dari standar yang ditentukan. Kemudian diputuskan untuk mengganti dengan yang baru. Setelah penggantian *oil nozzle* selesai, kemudian dijalankan

kembali *inert gas generator*. Sekitar satu jam setelah jalan, *second engineer* memantau parameter dari tekanan dan suhu ruang bakar, kondisi pengabut bahan bakar utama (*Main burner*), Kadar oksigen, dan lain - lain yang mana menunjukkan bahwa pesawat tersebut dalam keadaan normal.

2. Tekanan Pendingin Air Laut Rendah Pada Inert Gas Plant

Pada tanggal 17 Juli 2022 saat kapal melaksanakan proses bongkar muatan (*discharge*), dan saat itu *Inert gas generator* dalam keadaan bekerja dan menghasilkan gas lembam untuk dimasukkan kedalam tangki-tangki pembatas, tiba-tiba alarm *inert gas generator* berbunyi dimana *alarm indicator* menunjukan terjadi tekanan rendah pada pendingin air laut *scrubber* dan tidak lama kemudian pesawat tersebut berhenti dengan sendirinya (*shutdown*).

Setelah diadakan pengecekan kran air laut masuk *scrubber* dan mengetes *level switch*, ternyata didapatkan katup masuk ke *inert gas plant* dari *sea water cooling pump* tertutup sehingga tekanan air laut yang masuk ke *scrubber* dibawah normal yaitu 1.5 bars. Setelah adanya peringatan tekanan rendah untuk pendingin air laut, maka kontrol *relay* yang berhubungan dengan *level switch* yang berfungsi sebagai *safety device* yang akan memutus kerja dari pesawat *Inert gas generator* secara otomatis dalam waktu tertentu. Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya keretakan pada jacket dan *scrubber* diakibatkan karena kelebihan panas yang diakibatkan oleh kurangnya air pendingin di dalam *cooling jacket* ruang pembakaran dan tower *scrubber*. Setelah valve di check dan dilakukan cerat dari kontrol system angin ke katup masuk air laut, Kemudian pompa pendingin air laut dijalankan dan juga *system control* telah direset maka diadakan pengetesan dan mesin dapat berjalan dengan normal

B. ANALISIS DATA

1. Pengabut Bahan Bakar Utama (*Main Burner*) Tidak Berfungsi Dengan Baik

Penyebabnya adalah:

- a. **Kondisi *Oil Nozzle* Menurun Karena Melebihi Jam Kerja (*Running Hours*)**

Pada smit ultramizing combustion system, bahan bakar dikabutkan (*atomizing*) dalam dua tahap. Tahap pertama, bahan bakar yang bertekanan dikabutkan melalui pilot burner dan di bakar dengan bantuan busi (*electric spark*) yang dialiri arus listrik, tahap kedua secara bersamaan *solenoid valve* yang mengalirkan bahan bakar dan udara bertekanan ke *main burner* dan dikabutkan melalui *nozzle main burner* dengan campuran udara yang seimbang sehingga terjadi proses pembakaran diruang bakar, kemudian secara otomatis *solenoid valve* yang mengatur bahan bakar ke *pilot burner* tertutup.

Hasil pembakaran dapat di monitor dengan menggunakan *oxygen analyzer* dan visual dengan melalui lubang intip (*peep hole*).Alat ini memonitor kadar oxigen yang dihasilkan oleh pembakaran. Kadar oxigen harus dijaga pada 2.0 - 4.0 %, begitupun dengan jelaga dapat di monitor dari lubang intip (*peep hole*). pembakaran yang baik ditentukan banyak faktor seperti kualitas bahan bakar yang baik, alat pengabut bahan bakar dalam kondisi yang baik, tekanan bahan bakar dan udara sesuai dengan tekanan spesifikasinya.

Pada pesawat *inert gas generator* alat pengabut bahan bakar utama (*main burner*) memilki peran yang vital selain kualitas bahan bakar yang dipakai untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna. Oleh karena itu secara berkala alat pengabut bahan bakar harus dicek dengan bagian - bagiannya. Pengecekan dapat dilakukan pada *oil nozzle*. Pada *oil nozzle*, kita dapat mengecek lubang - lubang untuk penyemprotan bahan bakar, sedangkan pada UM-RING kita juga dapat melakukan pengecekan pada lubang-lubang pengabut.

Apabila standar dari diameter lubang-lubang di *oil nozzle* dari UM-RING sudah melampaui dari yang ditentukan, kita dapat menggantinya dengan yang baru. Selain itu, kita juga dapat membersihkan karbon-karbon yang menempel pada *oil nozzle* tersebut. Jika diameter dari lubang pada *oil nozzle* dan UM-RING sudah tidak memenuhi standar yaitu 1,5mm, maka akan berakibat pada hasil pengabutan bahan bakar menjadi tidak

sempurna. Yang lebih membahayakan pada *oil nozzle*, dari hasil pembakaran yang tidak sempurna tadi akan menghasilkan kadar oksigen yang tinggi dan jelaga menjadi semakin banyak. Penyebab dari *oversize* pada *oil nozzle* terjadi karena pemakaian yang sudah melebihi dari jam kerjanya. Seharusnya *oil nozzle* pada total jam kerja 5.000 jam harus sudah diganti. Penyebab lainnya terletak pada sebab-sebab mekanikal seperti kualitas material dari *oil nozzle* yang kurang bagus maupun kualitas dari bahan-bakar dan sebab-sebab lainnya.

b. Kondisi Main Burner Cone yang Mengalami Kerusakan dan Pergeseran Posisi

Burner cone adalah bagian dari burner yang berbentuk kerucut yang berfungsi untuk mengarahkan arah yala api pada ruang pembakaran secara merata, sehingga kwalitas *inert gas* yang dihasilkan memenuhi syarat, kerusakan atau perubahan bentuk pada *burner cone* ini dapat menyebabkan pembakaran yang dihasilkan tidak sempurna dikarenakan *burner cone* yang berubah bentuk dapat menghalangi seprotan bahan bakar dari sehingga nyala api tidak merata akibatnya kadar oksigen gas lembam yang dihasilkan melebihi dari 5%.

Ada beberapa penyebab *burner cone* ini mengalami kerusakan yaitu:

- 1) Perawatan yang tidak dijalankan sesuai dengan PMS
- 2) Terkena semprotan air laut yang masuk kedalam ruang pembakaran.
- 3) Pengaruh tingginya kandungan *sulphur* bahan bakar yang digunakan.

2. Tekanan Pendingin Air Laut Rendah Pada Inert Gas Plant

Penyebabnya adalah:

a. Katup masuk air laut tidak dapat beroperasi dengan baik

Katup masuk air laut berfungsi mengalirkan air laut kedalam sistim pendingin pada saat *inert gas generator* beroperasi baik pada saat kapal berlayar maupun dipelabuhan. Pompa pendingin bekerja pada tekanan normal 3.0 Mpa banyaknya air atau kotoran di dalam control system angin untuk membuka katup menjadi penyebab katup masuk air laut tidak

terbuka secara maksimal dan tekanan air laut yang masuk ke *scrubber* berkurang.

Ketika *inert gas generator* bekerja, *cooling pump* akan menghisap air laut untuk kemudian digunakan untuk mendinginkan *cylinder jacket* di ruang pembakaran serta sebagai pendingin gas lembam yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar tersebut.

Namun, apabila dibiarkan tanpa dilakukan pemeriksaan atau pembersihan berkalamaka lama kelamaan saluran-saluran angin untuk control katup masuk air laut tersebut akan tersumbat oleh air dan kotoran. Tersumbatnya saluran angin kontrol ini tentu akan membuat katup masuk air laut tidak terbuka secara maksimal dan menghambat jalannya air yang dialirkan dari *pompa air pendingin*. Begitu air yang disupplay untuk mendinginkan gas lembam berkurang, maka tekanan yang dihasilkan pun akan berkurang yaitu di bawah 1.5 Mpa, dan selanjutnya *pressure switch* akan bekerja secara otomatis serta *inert gas generator* akan *shut down* secara otomatis tanpa waktu jeda (*delay time*) untuk menghindari terjadinya *overheating* dan ledakan

b. Kondisi Demister Rusak (Mengalami Kemampatan)

Demister air laut adalah suatu alat yang biasanya berbentuk seperti saringan (Filter) yang dipasang di *scrubber*, biasanya terdapat pada peesawat yang didalam mya berhubungan langsung dengan air laut, seperti *Fresh water generator*, dan *inert gas plant*. Aliran air laut dialirkan pada tekanan yang kita kehendaki dalam system pendingin pada saat *inert gas* pada *scrubber* baik pada saat kapal berlayar maupun di pelabuhan. Pompa pendingin harus bekerja pada tekanan normal 3.0 Mpa, tekanan air laut yang mengalami kerusakan menyebabkan terhambatnya proses bongkar muat di pelabuhan oleh karena itu perawatan berkala atau penggantian pipa-pipa pendingin yang seharusnya diganti harus segera diganti atau diperbaiki bila kapal berada di pelabuhan atau berada di sekitar pelabuhan yang sedang *drop anchorage* (berlabuh).

Penurunan kinerja pompa pendingin juga dapat disebabkan oleh berbagai

penyebab salah satunya adalah karna buntunya vane *impeller* pompa sehingga fungsi *impeller* tidak maksimum, *Impeller* merupakan bagian pompa setrifugal yang berfungsi untuk mengubah energy mekanis dari pompa menjadi *energy* kecepatan pada cairan yang dipompakan secara terus menerus, sehingga cairan pada sisi isap secara terus menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan yang masuk sebelumnya.

Ada beberapa penyebab kotoran, kerang dan tritip masuk dan tersangkut ke dalam vane *impeller* pompa dan demister antara lain

- 1) Tidak berfungsinya saringan air laut dengan baik sehingga kotoran dapat melewati saringan dan masuk kedalam vane *impeller*.
- 2) Tidak berfungsinya MGPS di kapal dengan baik.

MGPS (*Marine Growth Provention system*), MGPS ini bekerja dengan metode atau prinsip elektrolit yang memberi perlindungan secara terus menerus tanpa menggunakan bahan kimia dengan menggabungkan dua sistim yaitu instalasi pipa *anti fouling* dan supresi korosi dengan control dari panel *power supply* tegangan rendah yang disalurkan pada sebuah anode yang dipasang pada saringan (*Sea chest*). Fungsi utama dari MGPS ini yaitu untuk meminimalisir pengaruh keasaman kadar cairan terhadap proses korosi dan untuk menghambat pertumbuhan kerang dan tritip yang dapat mengurangi efisiensi sistim pada instalasi pipa.

Apabila MGPS ini tidak berfungsi dengan baik dapat menyebabkan tingkat keasaman air laut yang masuk kedalam pipa dan saringan sangat besar, akibatnya organisme, kerang, dan tritip bahkan proses korosi dapat berkembang dengan cepat. Korosi yang ditimbulkan dapat menyebabkan kerusakan/kebocoran pada pipa dan saringan air laut. Saringan yang rusak dapat mengakibatkan kotoran dan kerang dapat langsung terhisap masuk dan tersangkut kedalam vane *impeller* pompa sehingga dapat mengurangi volume hisapan dan tekanan.

C. PEMECAHAN MASALAH

1. Alternatif Pemecahan Masalah

a. Pengabut Bahan Bakar Utama (*Main Burner*) Tidak Berfungsi Dengan Baik

Alternatif pemecahan masalahnya sebagai berikut:

1) Mengganti *Oil Nozzle* Dengan yang Baru

Fungsi dari *oil nozzle* pada alat pengabut bahan bakar utama (*main burner*) pada *inert gas generator* yaitu untuk mengabutkan bahan bakar pada tahap pertama. Baik atau buruknya hasil pembakaran dapat dipengaruhi oleh kualitas bahan bakar, kondisi alat pengabut bahan bakar utama dan juga perbandingan yang sesuai antara bahan bakar dengan udara. Untuk masalah pada alat pengabut bahan bakar utama yang paling sering terjadi yaitu pemakaian *oil nozzle* yang telah *oversize* pada lubang-lubang pengabut, sehingga bahan bakar yang disemprotkan akan menjadi berkurang tenaganya.

Menurut buku pedoman *inert gas generator*, *oil nozzle* harus dilakukan perawatan setiap 300 jam kerja atau setiap 3 bulan. Dengan cara pencabutan, pembersihan dan pengetesan, serta dilakukan penggantian *oil nozzle* jika pemakaiannya sudah mencapai jam kerja 5.000 jam atau sebab-sebab mekanikal yang lainnya, sehingga diameter lubang-lubang *oil nozzle* sudah melebihi dari standar yang telah ditentukan dari pabriknya.

Oil nozzle yang sudah mengalami *oversize* tidak diperbolehkan untuk direkondisi, hal itu sudah dianjurkan oleh pembuatnya. Kita diharuskan untuk mengganti dengan yang baru. Karena sangat penting perannya dalam menghasilkan bahan bakar yang baik, maka kita para masinis wajib untuk memahami dan mengetahui masalah-masalah yang terjadi pada *inert gas generator*. Selanjutnya dapat menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cepat dan tepat, sehingga kelancaran operasional kapal dapat tercapai.

Hal-hal yang perlu yang berhubungan dengan bahan bakar

diperhatikan sebelum menjalankan *inert gas generator* :

- a) Bersihkan saringan hisap bahan bakar.
- b) Bersihkan *line filters* bahan bakar.
- c) Cerat tangki bahan bakar dari kandungan air.
- d) Pada saat *Inert gas generator* bekerja lakukan senantiasa pengecekan tekanan bahan bakar usahakan tekanan selalu stabil.
- e) Bersihkan filter instrument udara bertekanan
- f) Setiap 250 jam lakukan pengecekan pada busi pilot burner.
- g) Setiap 250 jam bersihkan dan lakukan pengukuran *oil nozzle main burner*

2) Melakukan Penggantian Main Burner Cone dengan yang Baru dan Memasangnyanya Pada Posisi yang Tepat

Setelah mengetahui fungsi utama dari *burner cone* yaitu untuk mengarahkan dan melindungi pembakaran adalah sangat penting untuk menghasilkan gas lembab yang kadar oksigennya rendah. Oleh karena itu penulis menguraikan cara pemeliharaan dan mengatasi penyebab kerusakan pada *burner cone* ada beberapa penyebab terjadinya kerusakan *burner cone* yaitu karena penyemprotan *nozzle burner* yang kurang baik. Hal ini dapat mengakibatkan *burner cone* mengalami pemanasan yang tidak merata sehingga dapat mengakibatkan perubahan bentuk, kualitas bahan bakar yang kurang baik dimana kandungan sulfur pada bahan bakar tersebut sangat tinggi dan adanya semprotan air laut yang dikarnakan bocornya pendingin jacket pada ruang pembakaran. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya korosi pada bagian bagian *burner cone* sehingga dapat merusak *burner cone* itu sendiri.

Hal yang penting yang perlu kita lakukan untuk menghindari terjadinya kerusan pada *burner cone* ini yaitu:

- a) Pemeriksaan dan pembersihan *main burner* secara teratur utamanya pada filter dan pengabut bahan bakar agar bahan bakar dapat disemprotkan dengan baik dan tidak terjadi kebocoran didalam ruang pembakaran sehingga tidak terjadi penumpukan

bahan bakar pada *burner cone* yang dapat menyebabkan korosi pada *burner cone*.

- b) Proses pengawasan, pengecekan dan analisis mutubahan bakar sangat penting dilakukan. Pengawasan ini bisa kita lakukan sebelum dan sesudah pengisian kedalama tangki di kapal misalnya sebelum mengambil sample untuk dikirim ke laboratorium independent, mengecek kandungan air dengan pasta khusus, kadar sulfurdengan alat pengukuran kadar belerang (*sulfur oxides*). Sesudah bunker yaitu melakukan penceratan air pada tangki harian secara rutin. Kadar sulfur yang tinggi dan bahan bakar yang bercampur dengan air menyebabkan korosi pada pengabut bahan bakar yang menyebabkan kerusakan pada lubang-lubang penyeprotan sehingga pembakaran yang dihasilkan tidak merata pada *burner cone* yang dapat menyebabkan perubahan bentuk pada *burner cone*.
- c) Kebocoran air laut pada *jacket* ruang pembakaran diakibatkan oleh tingginya tekanan air laut yang melebihi tekanan yang ditentukan oleh karna itu pada saat menjalankan *inert gas generator* hendaknya tekanan air pendingin selalu diperhatikan unruk menghindari terjadinya kebocoran didalam ruang pembakaran. Hal yang terpenting juga pengecekan pada *nozzle spray* dalam ruang pembakaran agar tidak terjadi kebuntuan yang dapat menyebabkan naiknya tekanan pendingin air laut.

b. Tekanan pendingin air laut rendah pada inert gas plant.

Alternatif pemecahan masalahnya sebagai berikut:

1) Melakukan perawatan dan pengecekan pada system control angin katup masuk air laut

Kondisi katup air laut yang tidak dapat terbuka dengan maksimal menyebabkan sirkulasi air tidak lancar. Hal ini mengakibatkan Tekanan pendingin air laut rendah pada *inert gas plant*. Untuk itu perlu dilakukan perawatan pada pipa kapiler control system angin yang tersumbat dan bila sudah diperbaiki maka dapat dilihat tekanan

angin yang masuk ke system melmalui regulator angin sudah mencapai tekanan yang sesuai (7 bar).

Selanjutnya untuk mencegah kemungkinan angin berubah dan mengandung bintik-bintik air di dalam sistem, maka angin yang ada di dalam system harus di cerat secara berkala dan parameter di dalam system harus di check setiap hari nya, itu juga dapat menganalisis apabila terjadi kerusakan pada katup masuk air laut yang masuk ke *Inert Gas Generator*.

Jika angin yang ada di dalam system tidak benar-benar kering dan kotor maka akan menyebabkan katup tidak dapat bergerak secara maksimal atau bisa sampai tidak bisa menggerakkan katup sehingga dapat menimbulkan penurunan tekanan air laut masuk. Mengingat fungsi dari *system control* ini sangat penting maka kondisi dari *system* harus selalu diperhatikan. Dalam hal ini dapat dilakukan dengan cara perawatan secara berkala dan terjadwal sebagaimana tertuang dalam *Planned Maintenance System (PMS)*.

Dalam melaksanakan pengawasan terhadap ABK pada saat melakukan perawatan terdiri dari beberapa tahapan yaitu :

a) Penetapan standar pelaksanaan

Kepala Kamar Mesin perlu menetapkan standar perawatan itu sendiri. Standar pelaksanaan disini yaitu suatu satuan pengukuran yang dapat digunakan sebagai patokan untuk penilaian hasil-hasil, tujuan, sasaran, kuota dan target pelaksanaan dapat digunakan sebagai standar.

b) Penentuan pengukuran pelaksanaan kegiatan

Artinya menentukan pengukuran dan pelaksanaan kegiatan perawatan berdasarkan periode waktu tertentu, berapa kali (*how of time*) maksudnya mengukur kegiatannya setiap jam, setiap hari, setiap minggu, setiap bulan atau setiap tahun (Terjadwal).

c) Pengukuran pelaksanaan kegiatan

Pengukuran ini dilakukan sebagai proses yang berulang-ulang dan terus menerus. Perwira mesin perlu melakukan pengawasan untuk mengetahui sejauh mana pekerjaan perawatan dilaksanakan.

d) **Pembandingan pelaksanaan dengan *standard* dan *analysis* penyimpangan**

Pembandingan pelaksanaan dengan standar analisis penyimpangan, maksudnya adalah Perwira mesin harus membandingkan pelaksanaan nyata dengan pelaksanaan yang direncanakan. Hasil ini kemungkinan terdapat penyimpangan-penyimpangan dan pembuat keputusan yang mengidentifikasi penyebab-penyebab terjadi penyimpangan.

e) **Pengambilan tindakan koreksi bila diperlukan**

Perwira mesin harus melakukan tindakan koreksi apabila ditemukan kesalahan dalam pelaksanaannya. Tindakan koreksi dapat diambil dalam berbagai bentuk standar dan pelaksanaan diperbaiki dan dilakukan secara bersama.

2) Membersihkan *Demister* Secara Berkala

Demister dipasang pada *inert gas generator*. Demister berfungsi untuk menyaring kotoran - kotoran yang mungkin ikut masuk ke dalam *Inert gas plant*. Sesuai dengan buku pedoman *inert gas generator* bahwa setiap 500 jam kita harus membersihkan demister tersebut. Kita harus disiplin dengan mengikuti petunjuk perawatan yang dianjurkan dalam buku pedoman. Karena apabila megabaikan perawatan secara berkala, dikhawatirkan akan terjadi masalah pada pesawat yang sedang beroperasi.

Oleh karena itu, untuk mendapatkan aliran air laut yang lancar, demister yang tersumbat oleh lumpur dan kotoran/sampah harus dibersihkan secara manual dan secara periodik sebelum peralatan ini dioperasikan. Pembersihan pada saringan dapat dilakukan dengan cara

melepas saringan pada *suction pump* dengan terlebih dahulu menutup *sea chest* agar tidak ada air laut yang masuk. Kemudian setelah Inert gas generator di buka dan demister dilepas, akan terlihat pada lubang - lubang demister tersebut tertutup oleh lumpur dan kotoran. Untuk membersihkan bagian lubang yang tertutup, diperlukan sikat khusus dan air bertekanan. Setelah proses pembersihan selesai, maka demister dipasang Kembali dan cover pada Inert gas generator di tutup baru setelah itu dilakukan pengetesan untuk mengecek apakah kinerja demister tersebut sudah normal atau belum dan tidak terjadi kebocoran.

Berikutnya, untuk mencegah terjadinya gangguan pada pendinginan air laut, maka diperlukan adanya perawatan pencegahan yaitu melalui pembersihan saringan sebelum *inert gas generator* dioperasikan. Dengan kondisi saringan yang bersih dari kotoran, maka aliran air laut yang berfungsi untuk mendinginkan *cylinder jacket* di ruang pembakaran serta pendingin gas lembam menjadi lancar karena tekanan yang dihasilkan oleh air laut sesuai dengan yang dikehendaki.

Hal yang mungkin bisa terjadi apabila kotoran laut masuk kedalam system secara terus menerus yaitu terjadi kebuntuan pada pipa kapiler, sebaiknya dilakukan perawatan dengan cara penceratan pada pipa kapiler tersebut. Pada bagian pipa kapiler, terdapat sebuah keran cerat yang berfungsi untuk mengeluarkan kotoran dan angin yang ada pada pipa kapiler. Penceratan dilakukan dengan membuka keran cerat sambil menghidupkan pompa air laut, dengan demikian tekanan dari pompa akan menekan kotoran / sedimen pada pipa untuk keluar.

Apabila tidak ada air / angin yang keluar ketika pompa dihidupkan, maka sebaiknya pipa kapiler dilepas untuk dilakukan pembersihan secara manual. Adapun proses pembersihannya yaitu dengan cara disogok dengan menggunakan kawat berdiameter kecil atau menggunakan angin dan air bertekanan untuk mendorong kotoran yang melekat pada demister di bagian dalam IGG. Apabila pembersihan sudah dilakukan sebaiknya dilakukan pengetesan untuk mengetahui demister tersebut sudah bekerja dengan normal. Dengan

bersihnya demister dari kotoran yang menyumbat, maka aliran air laut yang menuju *pressure switch* akan bekerja dengan normal. Sehingga kejadian ini akan mendukung proses bongkar muat terlaksana dengan lancar dan selesai pada waktu yang telah ditetapkan.

2. Evaluasi Terhadap Alternatif Pemecahan Masalah

a. Pengabut Bahan Bakar Utama (*Main Burner*) Tidak Berfungsi Dengan Baik

1) Mengganti *Oil Nozzle* Dengan yang Baru

Keuntungannya:

Dengan mengganti *oil nozzle* baru maka dapat dipastikan bahwa *oil nozzle* berfungsi maksimal untuk menghasilkan bahan bakar yang baik.

Kerugiannya:

Diperlukan biaya extra untuk pembelian persediaan suku cadang *oil nozzle* di atas kapal.

2) Melakukan Penggantian *Main Burner Cone* dengan yang Baru dan Memasanginya Pada Posisi yang Tepat

Hal ini dapat berpengaruh terhadap:

- a) Dapat menghasilkan gas lembab yang kadar oksigennya rendah.
- b) Pengabut bahan bakar utama berkerja maksimal

b. Tekanan Pendingin Air Laut Rendah Pada *Inert Gas Plant*

1). Melakukan Perawatan dan Pengecekan pada system control angin katup masuk air laut

Berakibat terjadinya sirkulasi air laut lancar, sehingga tekanan pendingin air laut pada *inert gas plant* sesuai yang diharapkan.

2). Membersihkan *Demister* Secara Berkala

Demister berfungsi dengan baik sehingga kotoran - kotoran yang terbawa air laut tidak masuk ke dalam sistem.

3. Pemecahan Masalah Yang Dipilih

a. Pengabut Bahan Bakar Utama (*Main Burner*) Tidak Berfungsi Dengan Baik

Berdasarkan evaluasi terhadap alternatif pemecahan masalah di atas, maka solusi yang dipilih untuk mengatasi pengabut bahan bakar utama yang tidak berfungsi dengan baik yaitu melakukan penggantian *main burner nozzle* dan *cone* dengan yang baru karena sudah melebihi/melewati batas Running Hour nya dan memasangnya pada posisi yang tepat.

b. Tekanan Pendingin Air Laut Rendah Pada *Inert Gas Plant*

Berdasarkan evaluasi terhadap alternatif pemecahan masalah di atas, maka solusi yang dipilih untuk mengatasi rendahnya tekanan pendingin air laut pada *inert gas plant* yaitu membersihkan *demister* air laut secara berkala (Setiap 500 Jam Kerja) dan melakukan perawatan pada *control system* angin untuk menggerakkan katup masuk air laut.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pada bab sebelumnya mengenai persawatan pada *inert gas system*, maka dalam hal ini penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi *oil nozzle* yang sudah melebihi jam kerja (5.000 Jam) menyebabkan pengabut bahan bakar utama (*main burner*) tidak berfungsi dengan baik.
2. Kondisi *main burner cone* yang mengalami kerusakan dan pergeseran posisi dapat menyebabkan *main burner* tidak berfungsi dengan baik.
3. Katup air laut masuk tidak terbuka secara maksimal karena system control *Pneumatic* nya tidak bekerja dengan baik akibat dari tersumbatnya pipa kapiler angin karena kotoran-kotoran dan sisa kondensasi udara, hal tersebut dapat menyebabkan tekanan pendingin air laut tidak mencapai tekanan yang diinginkan (rendah).
4. Kondisi *demister* air laut yang kotor, penuh dengan kotoran dikarenakan kurang mendapat perhatian / tidak terawat dan tidak dibersihkan sesuai dengan jadwal nya yaitu setiap 500 Jam.

B. SARAN

Dari kesimpulan di atas, untuk peningkatan perawatan sistem gas lembam (*inert gas system*) untuk menunjang kelancaran pengoperasian kapal LPG/C Gas Felicity, maka penulis mencoba memberikan saran - saran sebagai berikut:

1. Disarankan agar mengganti *oil nozzle* yang sudah melebihi jam kerjanya yaitu setiap 5.000 jam dengan suku cadang yang baru sehingga *main burner* dapat berfungsi secara maksimal.
2. Hendaknya melakukan penggantian *main burner cone* dengan yang baru dan memasangnya pada posisi yang tepat sehingga dapat berfungsi secara maksimal.
3. Hendaknya melakukan perawatan dan pembersihan *demister* air laut secara

berkala/setiap 500 jam guna kelancaran operasional *Inert Gas Generator*.

4. Disarankan agar melakukan perawatan pada katup masuk air laut secara berkala untuk menunjang kinerja pompa pendingin air laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aalborg Manual Book. (2010), *Inert Gas Generator*
- Ahyari, Agus. (2017). *Manajemen Produksi; Pengendalian Produksi. Edisi Empat*. Yogyakarta: BPFE
- Assauri, Sofyan. (2019). *Manajemen Produksi dan Operasi*, edisi revisi, Jakarta : Lembaga Penerbit FE UI.
- Badan diklat perhubungan. (2000). *Inert Gas System*, Modul-3
- David W, Smith. (2015). *Marine Auxiliary Machinery*, 6th Edition. Butterworths, London,
- Daryus A. (2018). *Manajemen Pemeliharaan Mesin*. Universitas Dharma Persada: Jakarta
- Heizer, Jay dan Barry Render. (2018). *Operations Management*, Publisher:Prentice Hall
- Johan Handoyo, Jusak. (2015). *Sistim Perawatan Permesinan Kapal*, Edisi.3, Jakarta : EGC
- Sehwarat, M.S dan J.S Narang. (2019). *Production Management*. Nai sarak, Dhanpahat RAI Co

Akhir kata semoga makalah ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan semua pihak yang membutuhkannya.

Jakarta, Juni 2023

Penulis,

SULISTIO BAHARUDIN SUGIANTO

NIS. 01946/T-I

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
TANDA PERSETUJUAN MAKALAH	ii
TANDA PENGESAHAN MAKALAH	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi, Batasan dan Rumusan Masalah	3
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
D. Metode Penelitian	5
E. Waktu dan Ternpat Penelitian	6
F. Sistematika Penulisan	6
 BAB II LANDASAN TEORI	
A. Tinjauan Pustaka	8
B. Kerangka Pemikiran	20
 BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
A. Deskripsi Data	21
B. Analisis Data	23
C. Pemecahan Masalah	25
 BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	36
B. Saran	36
 DAFTAR PUSTAKA	36
 LAMPIRAN	
 DAFTAR ISTILAH	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Inert Gas Generator Cargo Control</i>	12
Gambar 2.2 <i>Inert Gas Generator Local Control</i>	13
Gambar 2.3 Smit Inert Gas Generator.....	13
Gambar 2.4 Proses Pembakaran/Pendinginan pada Smit Inert Gas Generator	18

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Ship Particular
- Lampiran 2. Crew List