

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



**MAKALAH**

**OPTIMALISASI BAHAN BAKAR GAS *METHANE* GUNA  
MENUNJANG OPERASIONAL GENERATOR INDUK  
PADA *FLOATING STORAGE REGASIFICATION UNIT*  
TURQUOISE**

Oleh :

**TULUS TOMBUS SIMAMORA**  
NIS. 02034/T-1

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT - I**

**JAKARTA**

**2023**

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



**MAKALAH**

**OPTIMALISASI BAHAN BAKAR GAS *METHANE* GUNA  
MENUNJANG OPERASIONAL GENERATOR INDUK  
PADA *FLOATING STORAGE REGASIFICATION UNIT*  
TURQUOISE**

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

**Oleh :**

**TULUS TOMBUS SIMAMORA  
NIS. 02034/T-I**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT - I**

**JAKARTA**

**2023**

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



**TANDA PERSETUJUAN MAKALAH**

Nama : TULUS TOMBUS SIMAMORA  
No. Induk Siswa : 02034/T-I  
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I  
Jurusan : TEKNIKA  
Judul : OPTIMALISASI BAHAN BAKAR GAS *METHANE*  
GUNA MENUNJANG OPERASIONAL GENERATOR  
INDUK PADA *FLOATING STORAGE REGASIFICATION*  
*UNIT TURQUOISE*

Pembimbing I,

**Mohamad Ridwan, S.Si.T., M.M**  
Penata TK. I (III/c)  
NIP. 19780707 200912 1 005

Jakarta, Oktober 2023  
Pembimbing II,

**Capt. Suhartini, M.M., M.MTr**  
Penata TK. I (III/d)  
NIP. 19800307 200502 2 002

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknika

**Dr. Markus Yando, S.Si.T., 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 : TULUS TOMBUS SIMAMORA  
No. Induk Siswa : 02034/T-I  
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT - I  
Jurusan : TEKNIKA  
Judul : OPTIMALISASI BAHAN BAKAR GAS *METHANE*  
GUNA MENUNJANG OPERASIONAL GENERATOR  
INDUK PADA *FLOATING STORAGE REGASIFICATION*  
*UNIT TURQUOISE*

Penguji I

**Muhammad Hasan Habli, M.M**  
Penata Utama Muda (IV/C)  
NIP. 19581008 199808 1 001

Penguji II

**Arif Hidavat, S.Pel., M.M**  
Penata TK.1 (III/d)  
NIP. 19740717 199803 1 001,

Penguji III

**Mohamad Ridwan, S.SiT., M.M**  
Penata TK. 1 (III/C)  
NIP. 19780707 200912 1 005

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknika

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

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkah dan rahmat serta karunia-nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan makalah ini dengan judul :

**“OPTIMALISASI BAHAN BAKAR GAS METHANE GUNA MENUNJANG OPERASIONAL GENERATOR INDUK PADA *FLOATING STORAGE REGASIFICATION UNIT TURQUIOSE*”**

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 kepada yang terhormat:

1. H. Ahmad Wahid, S.T.,M.T.,M.Mar.E, 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 dan juga selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan waktunya untuk membimbing proses penulisan makalah ini.
3. Bapak Dr. Markus Yando, S.SiT.,M.M, selaku Ketua Jurusan Teknik Sekolah tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta.
4. Bapak Mohamad Ridwan, S.SLT., M. M selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan pikirannya mengarahkan penulis pada sistematika materi yang baik dan benar
5. 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.

6. Seluruh rekan-rekan yang ikut memberikan sumbangsih pikiran dan saran
7. Orang Tua, istri dan anak-anak saya yang telah memberikan dukungan motivasi selama penyusunan makalah ini.

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

Jakarta, November 2023

Penulis,

TULUS TOMBUS SIMAMORA

NIS. 02034/T-1

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>TANDA PERSETUJUAN MAKALAH</b> .....	ii
<b>TANDA PENGESAHAN MAKALAH</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi, Batasan dan Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	5
D. Waktu dan Tempat Penelitian .....	6
E. Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
A. Tinjauan Pustaka .....	8
B. Kerangka Pemikiran .....	24
<b>BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Deskripsi Data .....	25
B. Analisis Data .....	30
C. Pemecahan Masalah .....	40
<b>BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan .....	43
B. Saran .....	44
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	45
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>DAFTAR ISTILAH</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Proses Penyediaan <i>Vapour Gas</i> di Kamar Mesin.....	10
Gambar 2.2 Komposisi <i>LNG</i> pada Terminal di Dunia.....	11
Gambar 2.3 Kandungan <i>LNG</i> .....	12
Gambar 2.4 Karakteristik Gas <i>Methane</i> .....	14
Gambar 2.5 Titik api <i>LNG</i> dan Komposisi dengan Udara).....	15
Gambar 2.6 Diagram proses <i>Gas Combustion Unit</i> .....	16
Gambar 2.7 Diagram proses <i>Gas Valve Unit</i> .....	18
Gambar 2.8 Komponen <i>Gas Admission Valve</i> .....	20
Gambar 2.9 <i>Main Control Module</i> Wartsila.....	21
Gambar 3.1 Gambar 3.1 Kondisi Tingginya Suhu Gas Buang.....	27
Gambar 3.2 Diagram Sistem Bahan Bakar <i>Methane</i> di <i>GVU</i> .....	35
Gambar 3.3 Daftar Alarm 1 Penggunaan Generator Induk.....	36
Gambar 3.4 Daftar Alarm 2 Penggunaan Generator Induk.....	36
Gambar 3.5 Kondisi Penurunan Tekanan Bahan Bakar <i>Methane</i> pada <i>GVU</i> .....	38
Gambar 3.6 Kondisi Penurunan Suhu dan Tekanan Bahan Bakar <i>Methane</i> .....	39

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. LATAR BELAKANG

Perkembangan jaman yang semakin modern membuat ketergantungan manusia akan penggunaan mesin diesel semakin meningkat pula, mulai dari moda transportasi, industri sistem pembangkit tenaga listrik dan sebagainya, hampir sebagian besar mengandalkan mesin diesel sebagai sumber tenaganya. Semakin berkembangnya teknologi kapal-kapal pengangkut gas LNG saat ini sudah banyak mulai menggunakan mesin diesel berbahan bakar ganda (Dual Fuel Diesel Engine) dengan menggunakan gas *methane* sebagai bahan bakar utamanya, pada kapal LNG biasanya gas vapour yang tercipta cukup banyak bisa meningkatkan tekanan pada tangki, pada kapal *Floating Storage Regasification Unit* FSRU *Turquoise* kita selalu menjaga tekanan tangki dibawah 0.2 Mpa. Untuk mengurangi tekanan pada tangki vapour liquid dari cargo tank sebelumnya dibakar atau di buang sia-sia. Pada mesin menggunakan bahan bakar gas ini gas *methane* yang biasa terbuang begitu saja dimanfaatkan untuk bahan bakar mesin diesel berbahan bakar ganda. Dengan adanya mesin berbahan bakar ganda yang menggunakan bahan bakar gas dari cargo tank, kapal-kapal gas, khususnya kapal LNG/C lebih hemat menggunakan bahan bakar yang biasa nya menggunakan HFO dan pemilik kapal juga dapat mengambil untung lebih dari berkurangnya konsumsi bahan bakar cair.

Pentingnya peranan generator induk sebagai mesin utama pengguna bahan bakar *methane* sekaligus penyedia sumber tenaga di atas kapal, merupakan salah satu faktor yang harus di ketahui dan ditingkatkan peranannya guna menunjang pengoperasian kapal. Ketika penulis melakukan dinas jaga laut, terganggunya operasional generator induk merupakan hal yang sering terjadi. Salah satunya adalah terjadinya *trip* atau kegagalan proses peralihan penggunaan bahan bakar dari diesel ke bahan bakar *methane* pada generator induk. Perbedaan suhu yang besar setelah proses pemuatan *cargo* mengakibatkan tingginya tingkat penguapan LNG sehingga menghasilkan *vapour methane*. Akumulasi dari *vapour methane* tersebut mengakibatkan tingginya

tekanan pada tanki *cargo*. Ada dua cara dalam menangani hal tersebut, yang pertama adalah membakar *vapour methane* melalui *Gas Combustion Unit* (GCU) dan yang kedua adalah menggunakan *vapour methane* sebagai bahan bakar generator induk. Namun penggunaan *vapour methane* dibatasi hanya pada saat kapal sedang dalam posisi *on voyage* atau pada saat kapal melaksanakan proses regasifikasi . Hal ini dikarenakan beban atau *load* generator harus dalam keadaan yang stabil dan tidak boleh dibawah 15%. Proses peralihan penggunaan bahan bakar dari diesel ke bahan bakar *methane* sering mengalami kegagalan dan mengganggu operasional generator induk.

Dalam kenyataannya pada tanggal 12 November 2022 pada saat penulis sebagai masinis 2 di kapal FSRU *Turquoise* mengalami berbagai masalah antara lain engine gas trip yang menyebabkan generator induk atau DFDE berubah mode menjadi diesel mode yang disebabkan rendahnya suhu dan/atau tekanan bahan bakar *methane* pada saat memasuki area kamar mesin. Rendahnya suhu dan tekanan bahan bakar *methane* dapat diakibatkan berbagai masalah mulai dari kesalahan pengaturan hingga kerusakan pada komponen sistem bahan bakar *methane*. Sistem pembakaran bahan bakar gas *methane* pada generator induk bersifat sangat sensitif terhadap perbedaan suhu dan tekanan bahan bakar *methane*, sehingga perbedaan suhu dan/atau tekanan pada bahan bakar *methane* sedikit saja dapat mengganggu operasional generator induk.

Kegagalan penggunaan bahan bakar *methane* tidak hanya terjadi saat peralihan dari penggunaan bahan bakar diesel ke bahan bakar *methane*, namun juga saat generator telah menggunakan bahan bakar *methane*. Menurunnya kualitas pembakaran pada generator induk menyebabkan tingginya suhu gas buang pada tiap silinder, dan sebagai salah satu fitur keamanan, generator induk akan kembali menggunakan bahan bakar diesel. Tingginya suhu gas buang tersebut disebabkan oleh menurunnya kualitas bahan bakar *methane* yang dapat bersumber dari kurang optimalnya kondisi komponen permesinan terkait penyediaan bahan bakar *methane*.

Terganggunya operasional generator induk tidak hanya dapat disebabkan oleh buruknya kondisi bahan *methane* atau rusaknya komponen permesinan terkait, namun juga dapat disebabkan kesalahan pengoperasian permesinan. Dikarenakan

panjang dan rumitnya proses penyediaan bahan bakar *methane*, tidak jarang kurangnya pemahaman dan kesalahan yang dilakukan masinis mengakibatkan terganggunya proses penyediaan bahan bakar *methane* tersebut.

Permasalahan-permasalahan diatas mengakibatkan terganggunya operasional generator induk sehingga generator induk tidak dapat menggunakan bahan bakar *methane* dan harus menggunakan bahan bakar diesel, yang mana mengakibatkan bertambahnya biaya operasional kapal. Dengan adanya kejadian ini maka diperlukan suatu cara dalam mengoptimalkan kualitas kondisi gas *methane* agar kelancaran operasional pada generator induk tetap terjaga. Dengan adanya kejadian seperti yang disebutkan di atas maka penulis memilih untuk mengambil judul makalah sebagai berikut: **“OPTIMALISASI BAHAN BAKAR GAS METHANE GUNA MENUNJANG OPERASIONAL GENERATOR INDUK PADA FLOATING STORAGE REGASIFICATION UNIT TURQUIOSE”**.

## **B. IDENTIFIKASI MASALAH**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas dan untuk menyusun identifikasi masalah, maka ditentukan terlebih dahulu pokok permasalahan guna memudahkan pembahasan pada bab-bab berikutnya.

Ditinjau dari segi pengoperasian, perawatan serta perbaikan pada sistem penyediaan bahan bakar *methane* terlihat sangat rumit, dan yang menjadi masalah pokok adalah tidak stabilnya suhu dan tekanan dari gas *methane* tersebut yang menyebabkan berbagai macam masalah pada generator induk.

Dari masalah pokok di atas didapat rincian masalah sebagai berikut :

1. Tingginya suhu gas buang pada saat generator induk menggunakan bahan bakar gas *methane*
2. Rendahnya suhu dan tekanan gas *methane* pada area kamar mesin.
3. Terjadinya trip atau kegagalan proses peralihan penggunaan bahan bakar dari diesel ke bahan bakar *methane* pada generator induk.
4. Kurangnya pemahaman dalam hal penyediaan bahan bakar *methane* dari proses evaporasi muatan sampai ke area kamar mesin.
5. Terjadinya detonasi di tiap silinder pada saat generator induk menggunakan gas *methane* sebagai bahan bakarnya.

### **C. BATASAN MASALAH**

Mengingat waktu yang singkat dan sangat luasnya permasalahan yang berkaitan dengan optimalisasi kualitas kondisi bahan bakar *methane* serta berdasarkan uraian latar belakang dan identifikasi masalah diatas, maka dalam skripsi ini ruang lingkup permasalahan berdasarkan masalah sebagai berikut, yaitu:

1. Tingginya suhu gas buang pada saat generator induk menggunakan bahan bakar gas *methane*.
2. Rendahnya suhu dan tekanan gas *methane* pada area kamar mesin.

### **D. RUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan uraian identifikasi masalah dan batasan masalah yang telah dijelaskan diatas, maka penulis mengambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apa penyebab tingginya suhu gas buang pada saat generator induk menggunakan *methane* sebagai bahan bakar utama ?
2. Mengapa terjadi penurunan suhu dan tekanan gas *methane* pada saat memasuki ruang unit gas?

### **E. TUJUAN DAN MANFAAT PENYUSUNAN MAKALAH**

#### **1. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penulisan makalah yang penulis buat ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui penyebab tingginya suhu gas buang generator induk saat menggunakan bahan bakar *methane*.
- b. Untuk mengetahui penyebab rendahnya suhu dan tekanan gas *methane* saat memasuki ruang unit gas pada ruang mesin.

## 2. Manfaat dari Penelitian

### a. Manfaat Teoritis

Secara teoritis hasil pengkajian masalah ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai:

1. Memberikan sumbangan pemikiran bagi penyelesaian masalah seputar penyediaan bahan bakar *methane* di atas kapal LNG *Carrier* yang jumlah dan jenisnya kian bertambah.
2. Sebagai referensi pada penelitian-penelitian selanjutnya yang terkait dengan optimalisasi kondisi bahan bakar *methane* serta menjadi bahan kajian lebih lanjut.

### b. Manfaat Praktis

Secara praktis pengkajian masalah ini dapat bermanfaat sebagai:

#### 1. Bagi penulis

Dapat meningkatkan pengetahuan, kemampuan dan keterampilan penulis dalam menganalisa dan memecahkan permasalahan yang berhubungan dengan pengoptimalan kualitas kondisi bahan bakar *methane* di atas kapal.

#### 2. Bagi masinis kapal

Dapat menjadi suatu masukan bagi para masinis di kapal LNG *carrier* dalam mengatasi masalah dan mengambil solusi yang dihadapi seputar permasalahan penggunaan *methane* sebagai bahan bakar.

#### 3. Bagi perusahaan

Dapat menjadi suatu bahan pertimbangan dalam menyusun sistem perawatan permesinan dan prosedur pengoperasian permesinan yang lebih baik.

## F. SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan makalah ini disajikan sesuai dengan sistematika penulisan makalah yang telah ditetapkan dalam buku pedoman penulisan makalah yang dianjurkan oleh BP3IP Jakarta. Dengan sistematika yang ada maka diharapkan untuk mempermudah penulisan makalah ini secara benar dan terperinci. Makalah ini terbagi dalam 4 (empat) bab sesuai dengan urutan penelitian ini. Adapun sistematika penulisan makalah ini 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, sistematika penulisan. Latar belakang sebagai alasan penulis memilih judul tersebut dan sehingga penulis mengangkat masalah optimalisasi kualitas kondisi bahan bakar *methane*. Identifikasi masalah yang menyebutkan poin permasalahan diatas kapal. Batasan masalah, menetapkan batas-batas permasalahan dengan jelas dan menentukan ruang lingkup pembahasan didalam makalah. Rumusan masalah merupakan permasalahan yang paling dominan terjadi di atas kapal dalam bentuk kalimat tanya. Tujuan dan manfaat merupakan sasaran yang akan dicapai atau diperoleh beserta gambaran kontribusi dari hasil penulisan makalah ini.

### BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan 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 berisikan deskripsi data yang merupakan data yang diambil dari lapangan berupa spesifikasi kapal dan pekerjaannya, pengamatan pada fakta yang terjadi di atas kapal sesuai dengan permasalahan yang dibahas. Fakta dan kondisi disini meliputi waktu kejadian dan tempat kejadian yang sebenarnya terjadi di atas 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 menjelaskan kesimpulan yang merupakan pernyataan singkat dan tepat berdasarkan hasil analisis dan 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

Untuk mempermudah pemahaman dalam makalah ini, maka penulis membuat tinjauan pustaka yang akan memaparkan definisi-definisi dan teori-teori yang terkait dan mendukung pembahasan pada makalah ini. Adapun beberapa sumber yang oleh penulis dijadikan sebagai landasan teori dalam penyusunan makalah ini adalah sebagai berikut:

##### 1. Istilah-istilah dan penjelasan permesinan

Optimalisasi menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia ialah tertinggi, paling baik, sempurna, terbaik, paling menguntungkan, Mengoptimalkan berarti menjadikan sempurna, menjadikan paling tinggi, menjadikan maksimal, Optimalisasi berarti pengoptimalan.

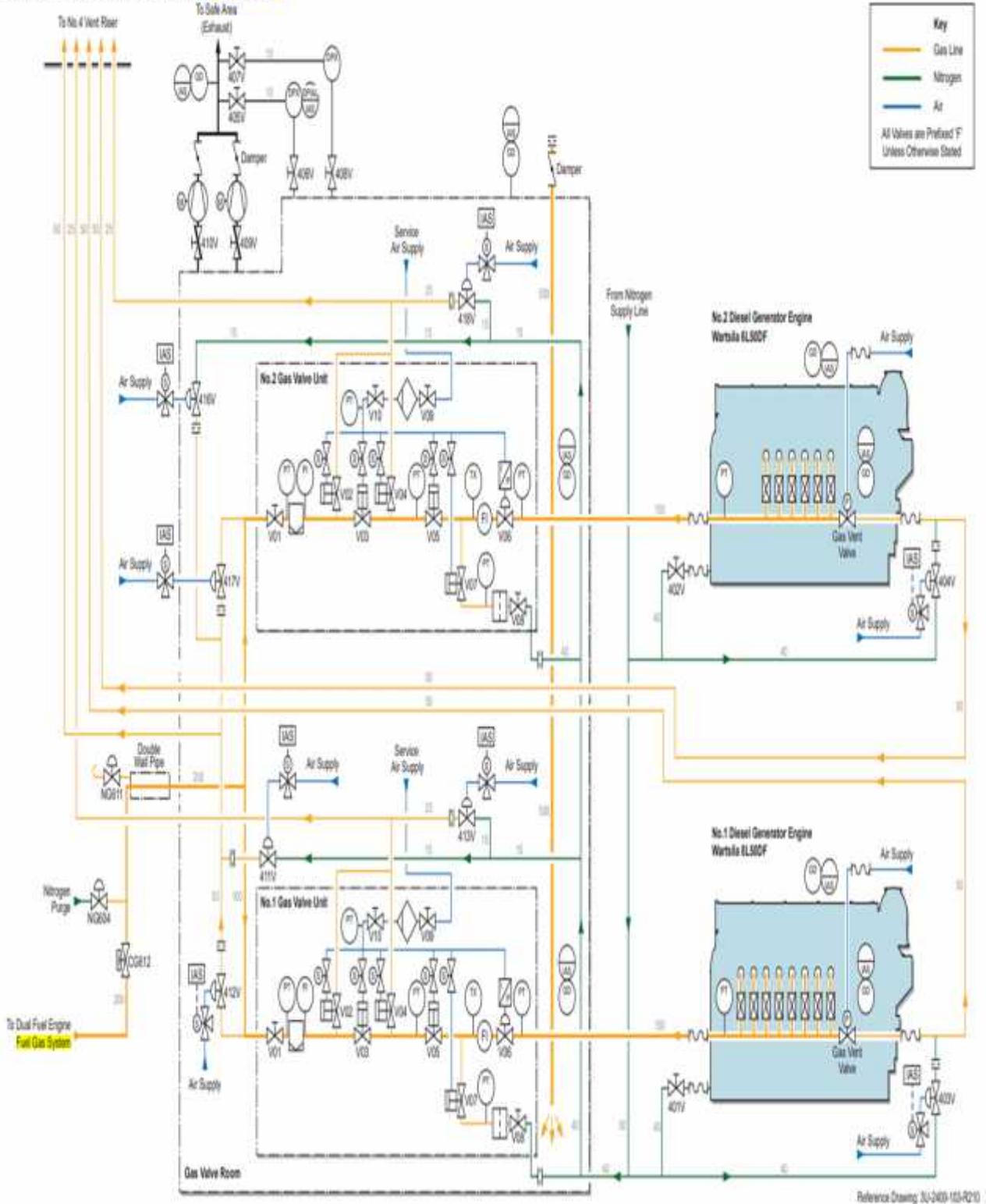
Optimalisasi adalah proses pencarian solusi yang terbaik, tidak selalu keuntungan yang paling tinggi yang bisa dicapai jika tujuan pengoptimalan adalah memaksimalkan keuntungan, atau tidak selalu biaya yang paling kecil yang bisa ditekan jika tujuan pengoptimalan adalah meminimalkan biaya.

Proses dari penyediaan bahan bakar *methane* dalam bentuk *vapour* gas dan cara kerja dari *gas admission* pada generator induk adalah sebagai berikut dan beberapa istilahnya dapat dilihat di bab ini. Pertama-tama muatan *Liquefied Natural Gas* (LNG) yang disimpan pada tangki muatan tertentu (ditentukan oleh pihak pemilik muatan) akan mengalami proses evaporasi. Laju penguapan tiap harinya saat kapal dalam kondisi *loaded voyage* bervariasi tergantung tekanan barometrik, temperature sekitar, dan kondisi laut. Angka yang umum untuk penguapan muatan pada LNG *carrier* adalah 0.10-0.15% dari volume muatan per harinya. (GTT, Liquefied Gas Handling Procedures, Sigtto 2015: 106)

Proses evaporasi muatan tersebut akan menghasilkan suatu *vapour* gas yang kandungannya 96% *methane* (dipengaruhi kualitas muatan). *Vapour* gas tersebut akan menyebabkan bertambahnya tekanan pada tanki muatan. Oleh karena itu, untuk menghindari terjadinya tekanan berlebih pada tangki muatan, *vapour* gas tersebut akan digunakan sebagai bahan bakar, dibakar secara percuma pada *Gas Combustion Unit* (GCU) atau dibuang ke atmosfer melalui *Vent Mass*. *Vapour* gas yang akan dijadikan bahan bakar maupun dibakar di GCU akan dihisap oleh *Low Duty Compressor* dan selanjutnya didinginkan di *Pre-Cooler* oleh LNG itu sendiri. Setelah itu *vapour* gas akan melalui *gas heater* yang akan dipanaskan oleh uap bertekanan 1 Mpa. *Gas heater* hanya akan digunakan pada saat suhu dari *vapour* gas tersebut terlalu dingin. Selanjutnya *vapour* gas akan masuk ke ruang *Gas Valve Unit* (GVU) untuk diatur suhu dan tekanannya, Dan akhirnya akan diinjeksikan oleh *Gas Admission Valve* pada tiap silinder generator induk yaitu *Dual Fuel Diesel Engine* (DFDE) (Hyundai Heavy Industries, Machinery Operating Manual, 2019: 222).

Demikian lah proses penyediaan bahan bakar *methane* dalam bentuk *vapour* gas yang terjadi pada area kamar mesin. Berikut *flow chart* dari proses tersebut:

Illustration 2.9c: Diesel Generator No.1 and No.2 Fuel Gas System



Gambar 2.1 Proses Penyediaan Vapour Gas di Kamar Mesin (Hyundai Heavy Industry, Machinery Operating Manual 2019:224)

Adapun istilah – istilah dan pengertian permesinan dari proses penyediaan *vapour* gas antara lain:

**a. *Liquified Natural Gas (LNG)***

*Liquified Natural Gas* adalah gas alam yang terdiri dari campuran hidrokarbon, yang telah didinginkan hingga mencapai fase *liquid* atau cair pada titik didihnya yaitu  $-160^{\circ}\text{C}$  pada tekanan atmosfer, untuk kemudahan, efisiensi, dan keamanan penyimpanan dan pengiriman. Pada fase *liquid* atau cair, LNG akan mempunyai volume 1/600 dari volume *methane* saat berfase gas.

Origin	Nitrogen N2 %	Methane C1 %	Ethane C2 %	Propane C3 %	C4+ %	TOTAL	LNG Density <sup>(1)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Gas Density <sup>(2)</sup> kg/m <sup>3</sup> (n)	Expansion Ratio m <sup>3</sup> (n) /m <sup>3</sup> lq	Gas GCV <sup>(2)</sup> MJ/m <sup>3</sup> (n)	Wobbe Index <sup>(2)</sup> MJ /m <sup>3</sup> (n)
Australia NWS	0.04	87.33	8.33	3.33	0.07	100	467.35	0.83	562.46	45.32	56.53
Australia Darwin	0.10	87.64	9.97	1.96	0.33	100	461.05	0.81	567.73	44.39	56.01
Algeria Skikda	0.63	91.40	7.35	0.57	0.05	100	446.85	0.78	575.95	42.30	54.62
Algeria Bethioua	0.64	89.55	8.20	1.30	0.31	100	454.50	0.80	571.70	43.22	55.12
Algeria Azew	0.71	88.93	8.42	1.59	0.37	100	457.10	0.80	570.37	43.48	55.23
Brunei	0.04	90.12	5.34	3.02	1.48	100	461.63	0.82	564.46	44.68	56.18
Egypt Idku	0.02	95.31	3.58	0.74	0.34	100	437.38	0.76	576.47	41.76	54.61
Egypt Damietta	0.02	97.25	2.49	0.12	0.12	100	429.35	0.74	562.24	40.67	54.12
Equatorial Guinea	0.00	93.41	6.52	0.07	0	100	439.64	0.76	578.85	41.95	54.73
Indonesia Arun	0.08	91.86	5.66	1.60	0.79	100	450.96	0.79	571.49	43.29	55.42
Indonesia Badak	0.01	90.14	5.46	2.98	1.40	100	461.07	0.82	564.89	44.63	56.17
Indonesia Tangguh	0.13	96.91	2.37	0.44	0.15	100	431.22	0.74	581.47	41.00	54.14
Libya	0.58	82.57	12.62	3.56	0.65	100	478.72	0.86	558.08	46.24	56.77
Malaysia	0.14	91.69	4.64	2.60	0.03	100	454.19	0.80	569.15	43.67	55.59
Nigeria	0.03	91.70	5.52	2.17	0.56	100	461.88	0.79	571.14	43.41	55.50
Norway	0.46	92.03	5.75	1.31	0.45	100	448.39	0.78	573.75	42.69	54.91
Oman	0.20	90.68	5.75	2.12	1.24	100	457.27	0.81	567.76	43.99	55.73
Peru	0.57	89.07	10.29	0.10	0.01	100	451.80	0.79	574.30	42.90	55.00
Qatar	0.27	90.91	6.43	1.66	0.74	100	453.46	0.79	570.68	43.43	55.40
Russia Sakhalin	0.07	92.63	4.47	1.97	0.05	100	450.67	0.79	571.05	43.30	55.43
Trinidad	0.01	96.78	2.78	0.37	0.06	100	421.03	0.74	581.77	41.05	54.23
USA Alaska	0.17	99.71	0.09	0.03	0.01	100	421.39	0.72	585.75	39.91	63.51
Yemen	0.02	93.17	5.93	0.77	0.12	100	442.42	0.77	576.90	42.29	54.91

(1) Calculated according to ISO 6578 [T = -160°C]

(2) Calculated according to ISO 6976 [0°C/0°C, 1.01325 bar]

Gambar 2.2 Komposisi LNG pada Terminal di Dunia (Hyundai Heavy Industries, *Cargo Operating Manual*, 2019: 356)

Berikut adalah kandungan dari LNG tersebut:

Physical Properties of LNG

	Methane CH <sub>4</sub>	Ethane C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Propane C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Butane C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	Pentane C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	Nitrogen N <sub>2</sub>
Molecular Weight	16.042	30.068	44.094	58.120	72.150	28.016
Boiling Point at 1 bar absolute (°C)	-161.5	-88.6	-42.5	-5	36.1	-196
Liquid Density at Boiling Point (kg/m <sup>3</sup> )	426	544.1	580.7	601.8	610.2	0.8086
Vapour SG at 15°C and 1 bar absolute	0.554	1.046	1.540	2.07	2.49	0.97
Gas Volume/Liquid Ratio at Boiling Point and 1 bar absolute	619	413	311	311	205	649
Flammable Limits in Air by Volume (%)	5.3 to 14	3 to 12.5	2.1 to 9.5	2 to 9.5	3 to 12.4	Non-flammable
Auto-ignition Temperature (°C)	595	510	468	365/500		
Gross Heating Value at 15°C (kJ/kg)	55559	51916	50367	49530 49404	49069 48944	
Vaporisation Heat at Boiling Point (kJ/kg)	510.4	489.9	426.2	385.2	357.5	199.3

Gambar 2.3. Kandungan LNG (Hyundai Heavy Industries, *Cargo Operating Manual*, 2019: 359)

**b. Dual Fuel Diesel Engine (DFDE)**

Sistem permesinan utama kapal *FSRU Turquoise* merupakan sistem baru yakni Dual Fuel Diesel Electric (DFDE), terdapat empat buah mesin diesel generator yang menghasilkan tenaga listrik ke kapal. Mesin diesel generator nomor 2 dan 3 adalah buatan dari Wartsila dengan tipe 12V50DF dengan masing masing berkapasitas 11.400 kW, dan diesel generator nomor 1 dan 4 adalah Wartsila dengan tipe 9L50DF kapasitas 8.550 kW. Semua mesin tersebut dapat berjalan dengan moda bahan bakar diesel (marine gas oil) atau dengan moda bahan bakar uap LNG (gas mode). Seluruh mesin tersebut adalah bermesin 4-tak dengan turbocharged intercooled. Menariknya adalah mesin tersebut merupakan mesin diesel generator dengan dua moda sistem pembakaran. Seperti yang kita ketahui bahwa mesin yang disebut generator adalah mesin penghasil tenaga listrik, maka seperti itulah mesin kapal ini. Ketika diesel generator ini bekerja dengan moda bahan bakar diesel atau gas maka akan menghasilkan tenaga listrik yang akan dialirkan ke transformer room lalu ke converter room setelah itu masuk ke propulsion motor dan

akhirnya memutar shaft propeller hingga kapal bisa bergerak maju ataupun mundur. Dengan kata lain bisa diibaratkan bahwa kapal *FSRU Turquoise* seperti mainan remote control atau mobil tamiya yang bersumber pada batre (energi listrik) dan diubah menjadi energi mekanik oleh dinamo dan roda gigi yang terhubung pada as roda.

**c. *Evaporasi***

Evaporasi adalah suatu proses perubahan fase suatu zat dari bentuk cairnya ke bentuk gasnya.

**d. *Vapour Gas***

*Vapour gas* adalah suatu hasil dari proses evaporasi muatan LNG yang komposisi utamanya adalah *methane*. *Vapour gas* tersebut akan dibakar di *Gas Combustion Unit (GCU)* atau di generator induk. Sehingga tekanan berlebih pada tangki muatan dapat dihindari, dan digunakan untuk efisiensi bahan bakar di atas kapal.

**e. *Methane (CH<sub>4</sub>)***

*Methane* adalah suatu jenis gas hidrokarbon yang merupakan kandungan utama dalam *vapour gas*. Sifatnya tidak berbau, tidak korosif dan tidak beracun. *Methane* lebih ramah lingkungan jika dibandingkan dengan bahan bakar minyak karena kadar karbon dioksida yang dikandung dalam gas buang jumlahnya jauh lebih sedikit daripada bahan bakar minyak.

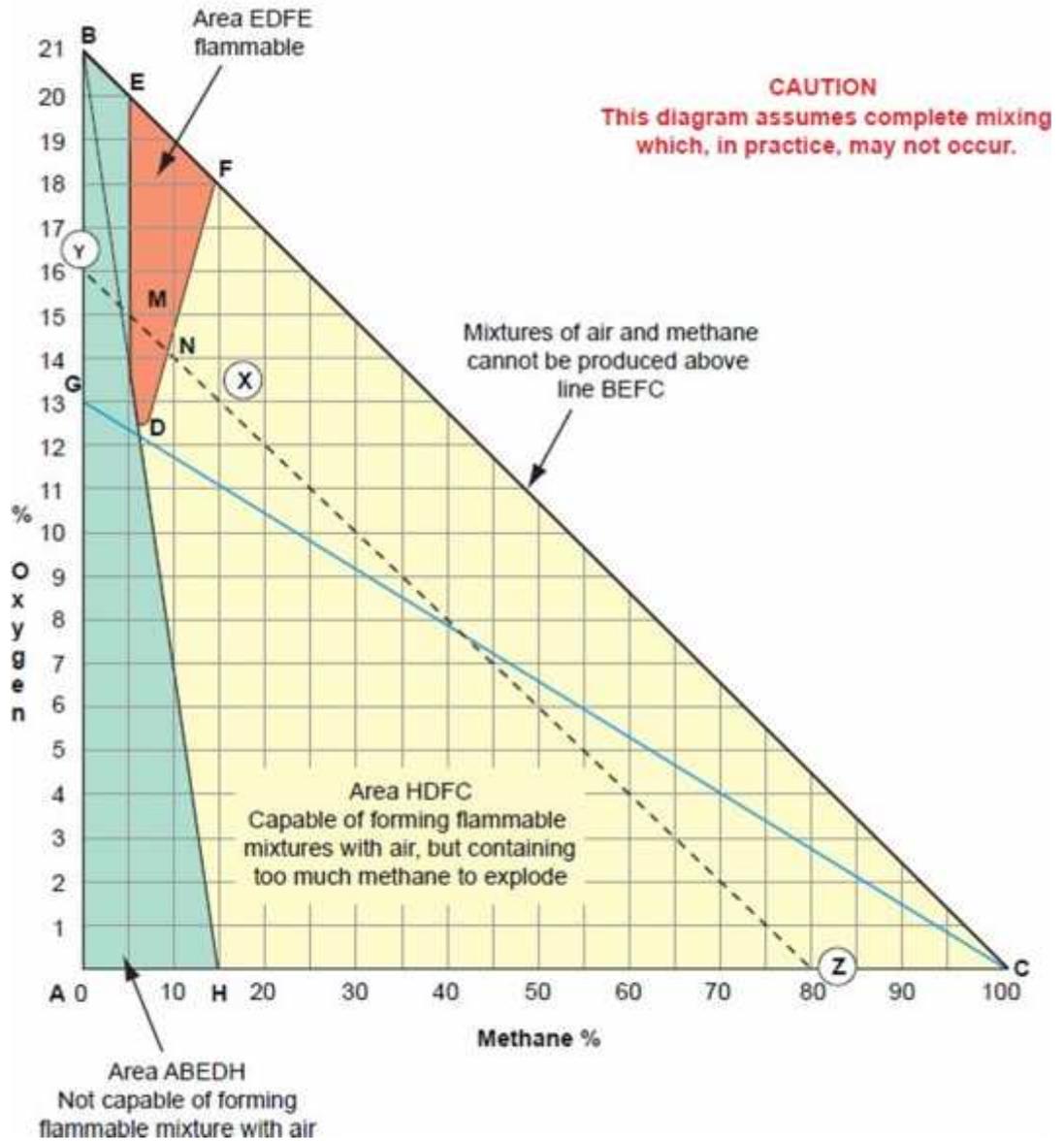
Berikut adalah karakteristik dari gas *methane*:

Boiling point at 1 bar absolute	-161.5 °C
Liquid density at boiling point	426.0 kg/m <sup>3</sup>
Vapour SG at 15°C and 1 bar absolute	0.554
Gas volume /liquid volume ratio at -161.5°C at 1 bar absolute	619
Flammable limits in air by volume	5.3 to 14%
Auto-ignition temperature	595 °C
Higher Specific Energy (Gross Heating Value) at 15°C	5550 kJ/kg
Critical temperature	-82.5 °C
Critical pressure	43 bar a

Gambar 2.4 Karakteristik Gas *Methane* (Hyundai Heavy Industries, *Cargo Operating Manual*, 2019: 359)

Berikut adalah titik pembakaran dan komposisi dimana *methane* dapat membentuk campuran yang cukup dengan udara perihal pembentukan segitiga api:

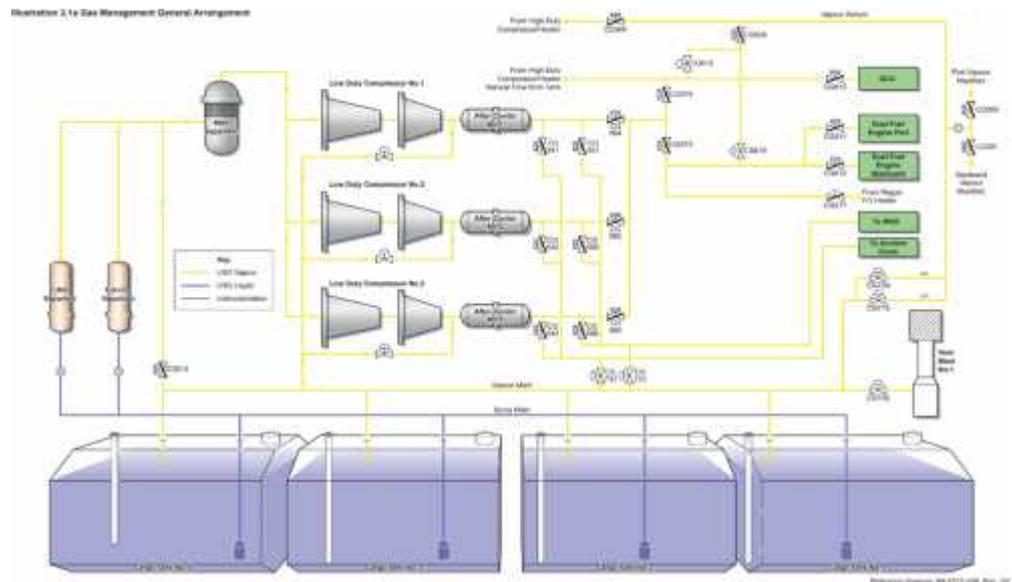
Illustration 2.2.1a Flammability of Methane, Oxygen and Nitrogen Mixtures



Gambar 2.5 Titik api LNG dan Komposisi dengan Udara (Hyundai Heavy Industries, *Cargo Operating Manual*, 2019: 362)

**f. Gas Combustion Unit (GCU)**

Merupakan suatu permesinan yang berfungsi untuk membakar *vapour* gas yang tidak terpakai sebagai bahan bakar di generator induk. Tujuan dari GCU adalah menghindari tekanan berlebih terjadi di dalam tangki muatan dengan membakar *vapour* gas agar aman saat dilepas ke atmosfer.



Gambar 2.6 Diagram proses *Gas Combustion Unit* (Hyundai Heavy Industries, *Machinery Operating Manual*, 2019: 328)

**g. Low Duty Compressor (LD Compressor)**

Suatu permesinan yang berfungsi untuk mengkompresi dan menyediakan *vapour* gas yang akan digunakan pada generator induk maupun dibakar secara percuma di GCU. LD compressor memiliki dua tipe kecepatan yaitu *high mode* dan *low mode*. Pada saat berpindah ke tipe *high mode*. Suhu pemasukan dari gas *methane* harus  $-130^{\circ}\text{C}$ .

**h. Pre-cooler**

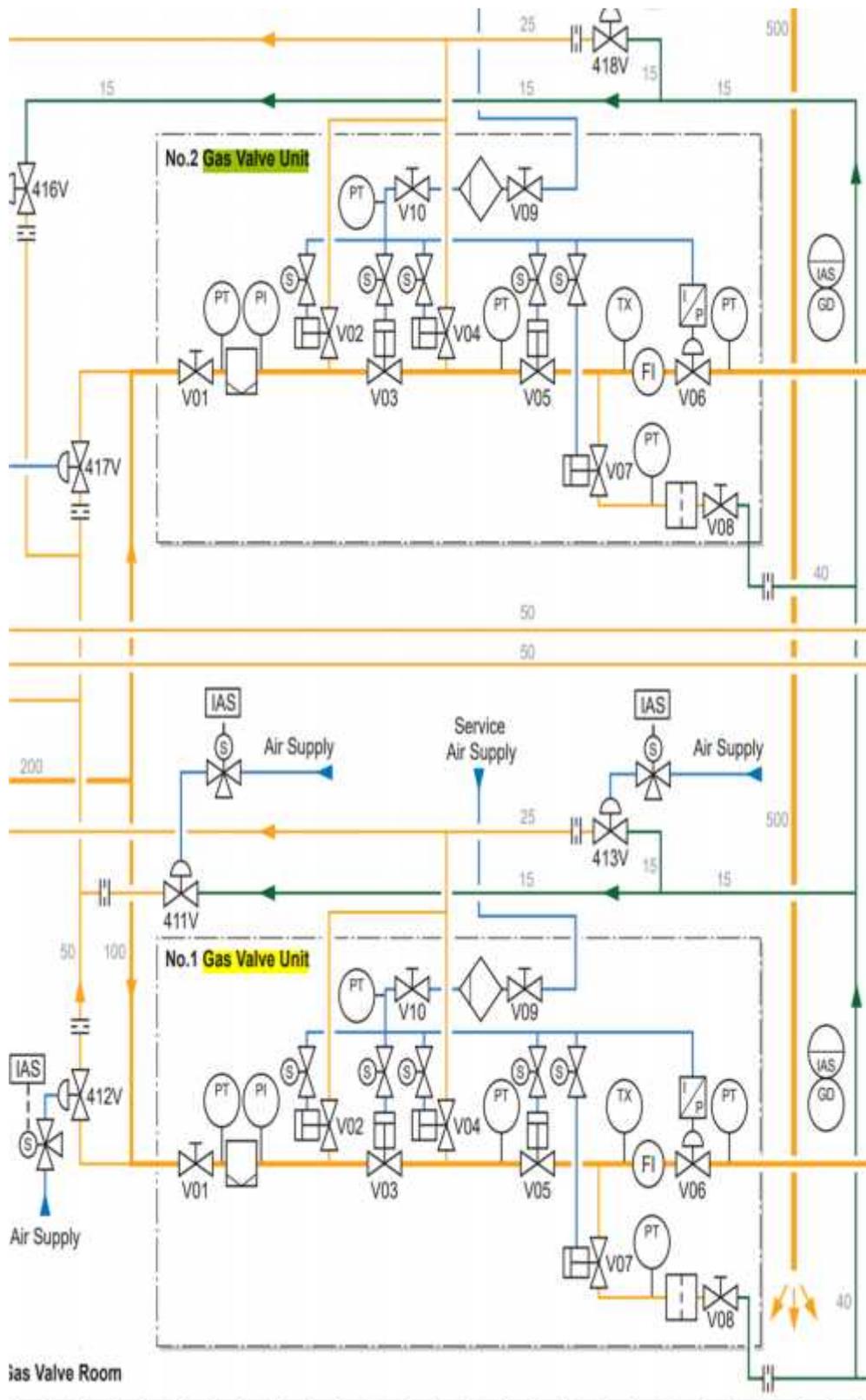
Merupakan suatu bagian dari sistem bahan bakar *methane* yang berfungsi untuk menurunkan suhu dari *vapour* gas sebelum memasuki LD compressor. Dengan cara menggunakan medium LNG itu sendiri. *Pre-cooler* juga berfungsi sebagai pemisah antara gas *methane* dengan *impurities* berupa gas hidrokarbon lain seperti *butane*, *propane*, dan *ethane* yang terkandung dalam *vapour* gas. Pemisahan dimungkinkan karena titik didih *impurities* yang jauh lebih tinggi.

***i. Gas Heater***

Merupakan suatu bagian dari sistem bahan bakar *methane* yang digunakan untuk memanaskan *vapour* gas pada saat suhunya terlalu rendah. Dengan menggunakan medium uap bertekanan 1 Mpa, *gas heater* akan memanaskan *vapour* gas yang akan menuju area kamar mesin, sehingga kerusakan struktural pada permesinan dapat dihindari.

***j. Gas Valve Unit Room***

Merupakan suatu ruangan sistem katup yang ditempatkan sebelum permesinan generator induk yang akan menggunakan *vapour* gas sebagai bahan bakarnya. Di ruangan ini, tekanan dan suhu dari *vapour* gas tersebut akan diatur sedemikian rupa sesuai dengan kriteria mesin yang menggunakan *vapour* gas sebagai bahan bakarnya.



Gambar 2.7 Diagram proses Gas Valve unit untuk penyediaan methane menuju ke generator induk (Hyundai Heavy Industry Machinery Operating Manual, 2019:87)

***k. Diesel mode***

Diesel mode menggunakan bahan bakar diesel, dimana bahan bakar diesel ini diinjeksikan ke dalam ruang pembakaran saat akhir dari langkah kompresi dibantu dengan pompa injeksi. Cara kerja saat diesel mode ini sama seperti mesin diesel biasanya. Saat diesel mode tidak ada gas yang bercampur dengan udara tetapi pilot fuel injector menginjeksi penuh bahan bakar diesel.

***l. Gas mode***

Gas mode menggunakan gas sebagai bahan bakar utama. Mode gas ini gas dicampurkan dengan udara yang masuk sesuai dengan pengaturan diatas kepala silinder dan dibantu menggunakan bahan bakar diesel sebagai penyalaan. Sebelum gas disuplai ke mesin diesel, gas lewat gas Valve Unit. Gas Valve Unit ini terdiri dari filter-filter, pressure regulator, shut-off valve dan ventilating valve. Keluaran dari tekanan gas diatur oleh sistem kontrol UNIC sesuai dengan beban mesin dan kondisi lingkungan sekitar. Di dalam mesin, gas disuplai melewati pipa utama gas sepanjang mesin berlanjut ke pipa gas masing-masing silinder. Di setiap silinder terdapat SOGAV yang mengatur jumlah masuknya gas yang masuk ke dalam silinder. Valve ini digerakkan langsung oleh solenoid dan diatur oleh sistem control.

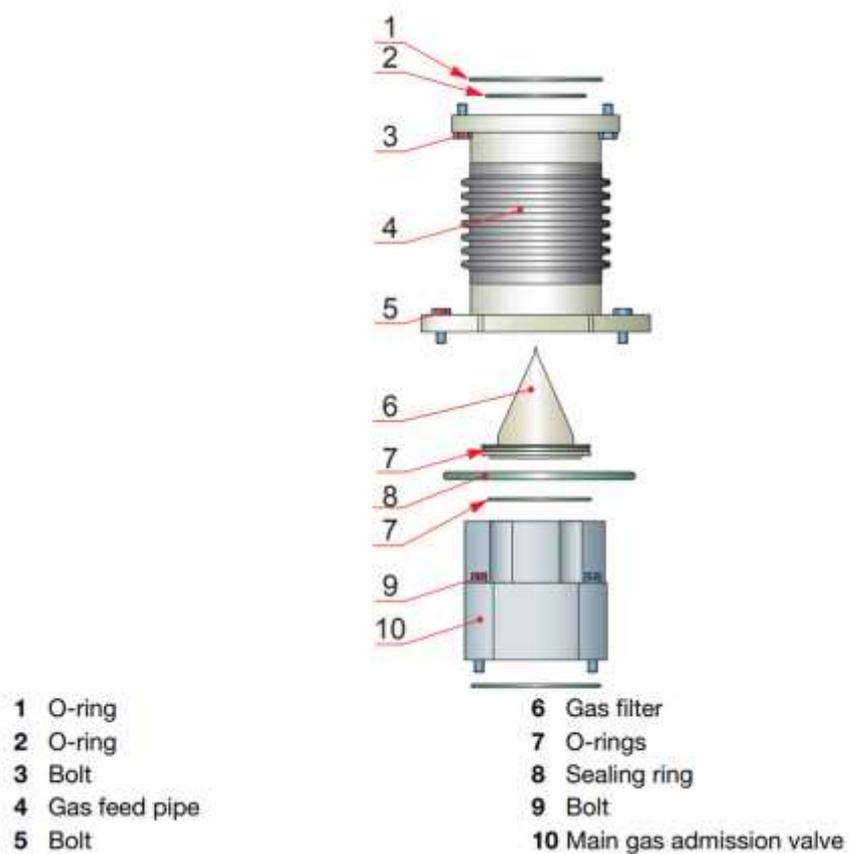
***m. Backup mode***

Control mesin dan system pemantauan atau system deteksi pemadaman (*blackout*) dapat memaksa mesin untuk berjalan dalam backup mode. Dalam backup mode, hanya bahan bakar utama cair yaitu MGO ataudiesel oil digunakan dan injeksi bahan bakar pilot tidak aktif. Berjalan dengan back up mode untuk waktu lama sangat tidak direkomendasikan karena nozzle injektor bahan bakar pilot dapat tersumbat. Secara otomatis memaksa mesin berjalan ke backup mode (terlepas dari pilihan mode operasi) ada dalam 2 kasus yaitu;

- 1) Kesalahan terdeteksi dalam system injeksi bahan bakar pilot (pilot trip)
- 2) Mesin dihidupkan ketika sinyal mati (dari system eksternal) aktif.

**n. Gas Admission Valve**

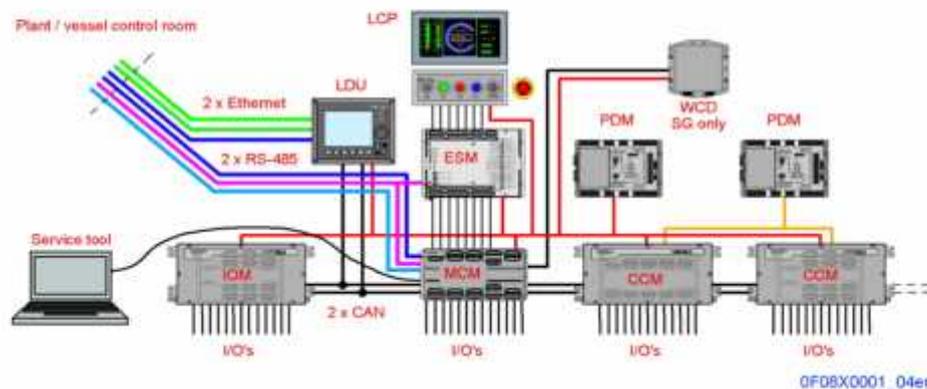
*Gas Admission Valve* (GAV) adalah suatu katup yang berfungsi untuk mengatur jumlah pemasukan *vapour* gas pada tiap silinder generator induk. *Gas admission valve* dikendalikan oleh suatu sistem komputer yang dilokasikan di sisi-sisi generator induk. *Gas Admission Valve* sendiri terdiri dari beberapa komponen utama seperti; *coil*, *body*, *spring*, *plate*, beberapa *screw* dan *retaining ring*. Pada umumnya valve tersebut dikendalikan secara otomatis sehingga dapat bekerja dan menginjeksikan gas ke ruang silinder mesin



Gambar 2.8 Gas Admission Valve (WARTSILA, 12V Instruction Manual: 452)

**o. Main Control Module (MCM)**

Main Control Module merupakan bagian dari Wartsila Engine Control System (WECS) yang mengontrol dan megolah *data traffic* dari Cylinder Control Module (CCM) yang kemudian diteruskan menuju WECS (Wartsila Electronic Control Module). MCM akan mengelola data mesin seperti kualitas pembakaran, suhu mesin, dan tekanan *turbocharger* yang didapat dari CCM.



Gambar 2.9 Main Control Module (WARTSILÄ, W50DF Theoretical Power : 545)

**p. Cylinder Control Module (CCM)**

Cylinder Control Module juga merupakan bagian dari WECS yang mengontrol komponen silinder yang berhubungan dengan sistem bahan bakar *methane* seperti *waste gate* dan GAV. Satu CCM akan mengontrol tiga silinder pada satu generator induk.

**2. Strategi Perawatan**

Dalam pengoptimalan *vapour* gas kita dapat memilih lima hal penting strategi perawatan sesuai dengan *cargo and machinery operation manual* oleh *Hyundai Heavy Industries* (HHI), antara lain:

**a. Perawatan Insidental**

Perawatan insidental artinya perawatan dimana mesin dibiarkan tetap bekerja sampai rusak. Pada umumnya bentuk pengoperasian sangat mahal sehingga beberapa bentuk sistem perencanaan diterapkan dengan maksud untuk memperkecil kerusakan dan beban dari suatu pekerjaan perawatan yang diperlukan.

**b. Perawatan Pencegahan terhadap Perawatan Perbaikan**

Perawatan pencegahan ini berarti perawatan dimana kita mencoba untuk mencegah terjadinya kerusakan atau dengan kata lain menghindari kerusakan agar tidak semakin besar dengan cara menemukan kerusakan terlebih dahulu dan melakukan perawatan. Dalam hal ini berarti kita harus menggunakan metode tertentu untuk menelusuri perkembangan yang terjadi. Perawatan Periodik terhadap Pemantauan Kondisi

Perawatan Periodik terhadap Pemantauan Kondisi adalah untuk melakukan pemantauan terhadap mesin secara periodik, serta melakukan tindakan seperti tahap penyetelan-penyetelan atau penggantian-penggantian perlengkapan secara periodik. Jangka waktu dalam melaksanakan inspeksi dalam hal ini biasanya didasarkan atas jam kerja atau kalender. Tujuan dari pemantauan kondisi adalah untuk menemukan kembali informasi tentang kondisi dan perkembangannya sehingga tindakan korektif dapat diambil sebelum terjadi kerusakan.

**c. Pengukuran Terus Menerus Terhadap Pengukuran Periodik**

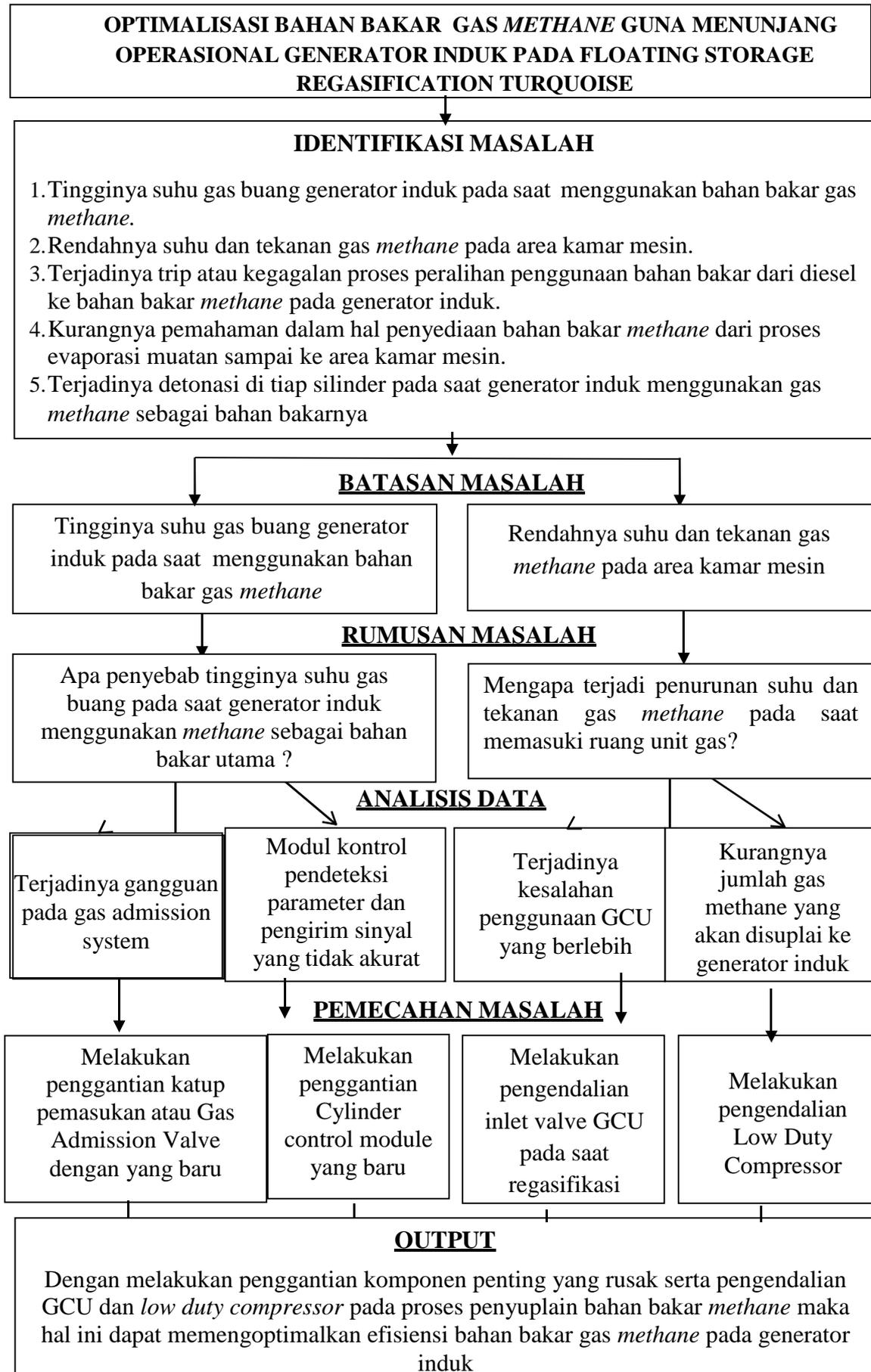
Pengukuran terus menerus terhadap pengukuran periodik adalah suatu tahap pemantauan kondisi yang dilakukan dengan cara pengukuran terus- menerus maupun dilakukan dengan pengecekan kondisi secara periodik, penerapan pengukuran secara terus-menerus dapat disamakan dengan penggunaan sistem alarm, maksud utama pengukuran periodik adalah untuk memberikan pengamanan yang cukup atas terjadinya suatu kerusakan yang terus bertambah atau dengan terjadinya kemunduran kondisi.

**d. Persyaratan Biro Klasifikasi**

Hal ini untuk persyaratan berupa ketentuan-ketentuan kelayaklautan sebuah kapal yang harus dilakukan untuk menjamin keselamatan pelayaran. Biro klasifikasi ini menekankan pada perawatan berencana serta pemantauan kondisi, dalam rangka penyerderhanaan prosedur dan menurunkan biaya serta menghindari keterlambatan waktu survey. Biro klasifikasi mungkin memberi persyaratan yang berlainan serta kecenderungan untuk menggunakan bentuk survey yang canggih.

Dari berbagai strategi yang telah dijelaskan maka perawatan pencegahan terhadap perawatan perbaikan merupakan strategi yang ditetapkan demi menunjang kondisi *vapour* gas sebagai bahan bakar generator induk pada *FSRU* *Turquoise*.

## B. KERANGKA PEMIKIRAN



## BAB III

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### A. DESKRIPSI DATA

Penulis melakukan pengamatan pada mesin Dual Fuel Generator selama bekerja di atas kapal Floating Storage Regasification Unit (data lengkap kapal dapat dilihat di lampiran 1 Ship Particular) sebagai *Mechanical Engineer (2nd Engineer)* (Crew list dapat dilihat pada lampiran 2), periode 28 Agustus 2022 sampai dengan 10 Desember 2022. Berdasarkan pengalaman yang penulis alami selama bekerja ada beberapa fakta dan kondisi yang penulis temukan tentang permasalahan pada mesin tersebut yang telah dialami untuk mendasari penyusunan makalah ini diantaranya yaitu

##### 1. **Tingginya Suhu Gas Buang pada Saat Generator Induk Menggunakan Bahan Bakar Gas Methane**

Masalah serius yang sering terjadi adalah tingginya suhu gas buang yang terkandung dalam gas buang pada generator induk. Kejadian tersebut terjadi pada tanggal 12 November 2022 jam 14.30 waktu setempat ditengah proses regasifikasi setelah melakukan proses bongkar muat (*loaded*) di Izmir, Turki. Hal ini terjadi dikarenakan oleh buruknya proses pembakaran yang terjadi di dalam silinder, ketidaknormalan *tappet clearance*, rendahnya kualitas bahan bakar *methane*, serta rusaknya katup pemasukan gas utama atau GAV. Normalnya, untuk kasus buruknya pembakaran di dalam silinder, ketidaksesuaian rasio antara udara pembakaran dan bahan bakar *methane* merupakan penyebab utama, namun ketidaknormalan *tappet clearance* juga merupakan masalah yang saling terkait dengan buruknya pembakaran di dalam silinder. Normalnya tenaga torsi yang diberikan untuk mengencangkan baut *yoke* sebagai tindak lanjut menentukan *tappet clearance* adalah 400 Nm.

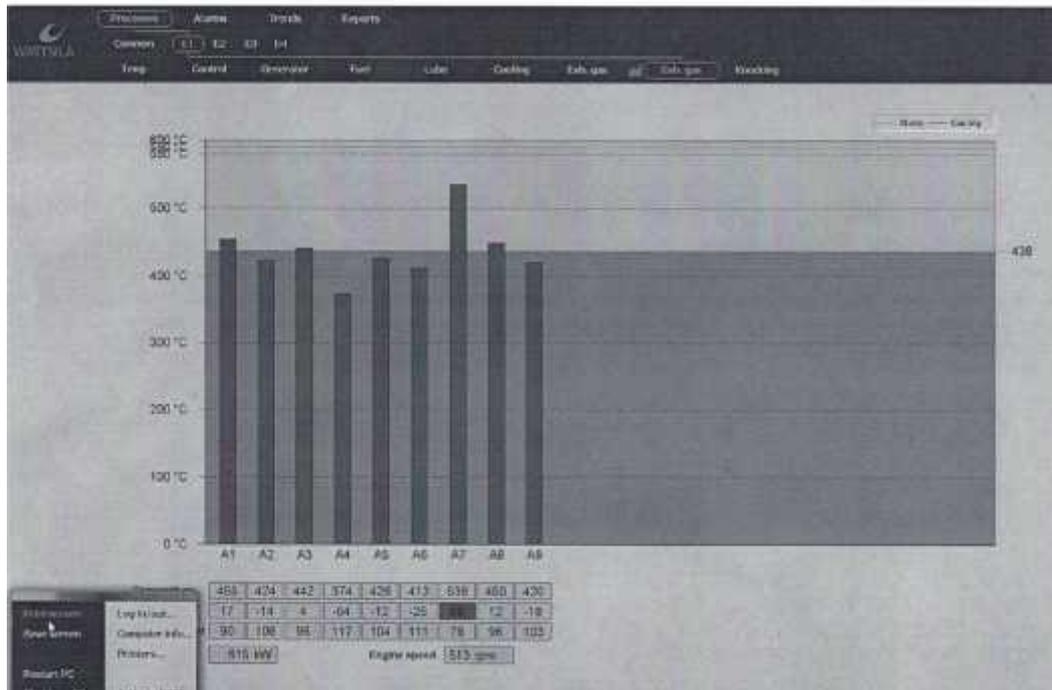
Namun seiring waktu, terjadinya deposit karbon di sekitar mekanisme katup dan juga getaran yang terjadi pada generator induk menyebabkan terjadinya

perubahan yang signifikan pada tingkat kekencangan baut *yoke* yang merupakan sumber masalah dari perubahan *tappet clearance*. Masalah tersebut juga dapat mengakibatkan rusaknya keseimbangan antara rasio udara pembakaran dengan gas *methane*. Ketidakseimbangan rasio udara pembakaran dengan gas *methane*, dapat ditemukan dengan melihat dan memeriksa suhu gas buang dan tekanan udara masuk dari *Engine Control Console*. Sehingga tindakan perbaikan seperti pengencangan baut *yoke*, pemeriksaan mekanisme katup, pemeriksaan kondisi *waste gate valve*, dan juga pengecekan kebocoran *flexible joint* dari gas buang tiap silinder dapat dilakukan.

Namun masalah-masalah diatas bukanlah penyebab utama dari tingginya suhu gas buang. Normalnya, tingginya suhu gas buang pada tiap silinder diakibatkan buruknya pemasukan bahan bakar *methane* pada ruang pembakaran. Hal ini disebabkan oleh kurang presisinya *Gas Admission Valve* (GAV) yang memiliki fungsi untuk mengatur pemasukan gas *methane* pada ruang pembakaran. GAV merupakan *solenoid valve* yang pada umumnya dikendalikan oleh sinyal energi listrik berupa sinyal yang dikirim oleh *Cylinder Control Module* (CCM). GAV akan membuka atau menutup sudu-sudu di dalamnya guna mengatur jumlah injeksi gas *methane* ke ruang pembakaran. Kerusakan pada GAV normalnya disebabkan karena tingginya suhu yang dihasilkan akibat pembakaran gas *methane*. Suhu gas buang yang dapat mencapai 600°C, mengakibatkan kelonggaran pada sudu-sudu GAV akibat pemuaian. Sehingga pengaturan injeksi gas *methane* pada ruang pembakaran tidak dapat berjalan dengan semestinya.

Kerusakan pada GAV juga dapat disebabkan oleh karena tidak stabilnya suplai energi listrik dari *Cylinder Control Module* (CCM) kepada GAV. *Main Control Module* (MCM) sebagai pusat pengendalian yang menggunakan data- data parameter mesin akan meneruskan sinyal pengendalian bukaan katup pada CCM yang nantinya akan diteruskan ke GAV. Permasalahan timbul saat sinyal yang diteruskan oleh CCM tidak sesuai dengan yang telah dikirimkan oleh MCM. Ketidaksesuaian ini disebabkan buruknya kualitas kabel pada GAV yang bertindak sebagai perantara pengiriman sinyal dan suplai listrik. Penyebab lain adalah buruknya sistem *grounding* pada generator induk sehingga menyebabkan

kebocoran arus. Buruknya sistem *grounding* normalnya disebabkan oleh terjadinya deposit debu atau kotoran lainnya. Pada dasarnya, masalah-masalah yang terjadi diatas disebabkan ketidakstabilan kondisi *methane* serta kondisi permesinan maupun bagian-bagiannya.



Gambar 3.1 Kondisi Tingginya Suhu Gas Buang Pada Generator Induk

## 2. Rendahnya Suhu dan Tekanan Bahan Bakar Gas Methane pada Area Kamar Mesin

Dalam deskripsi data ini akan diuraikan mengenai kejadian yang menyangkut kesalahan yang terjadi pada proses pengolahan bahan bakar *methane* yaitu terjadinya kesalahan penggunaan GCU yang berlebih, menyebabkan berkurangnya tekanan dan suhu dari gas *methane* secara drastis yang memicu terjadinya *trip condition* pada generator induk. Kejadian tersebut terjadi pada tanggal 12 November 2022 jam 14.30 waktu setempat setelah melakukan proses pemuatan (*loading*) LNG di pelabuhan LNG Izmir Turki untuk proyek BOTAS LNG Power Plant. Normalnya, setelah proses pemuatan masinis muatan akan menyalakan GCU guna mengurangi tekanan di dalam tangki muatan yang diakibatkan oleh proses evaporasi muatan. Beberapa waktu setelah proses pemuatan baru saja berakhir, tingkat evaporasi LNG sangat tinggi akibat perbedaan suhu yang signifikan antara tangki dan juga muatan yang dimuat dari

terminal LNG. GCU bertugas membakar gas *methane* sehingga tekanan di dalam tangki muatan berkurang, yang awalnya bisa mencapai 120 Kpa turun ke titik normal (berkisar 110-112 Kpa).

Selain penyebab tersebut, kurangnya komunikasi antara masinis muatan dan para masinis di ruang mesin juga dapat memicu berkurangnya tekanan dan suhu untuk generator induk secara drastic, yang normalnya mencapai 420 Kpa untuk tekanan dan 35°C untuk suhu. Penyebab utama dari hal ini adalah pemberian aliran gas menuju *Gas Combustion Unit* secara berlebih oleh masinis muatan. Penurunan suhu dan tekanan yang signifikan dapat memicu sistem proteksi pada generator induk untuk mengirim sinyal ke katup pemasukan gas utama dalam ruang unit katup gas, sehingga generator induk akan masuk ke mode *trip condition*. *Trip condition* ini bertujuan untuk menghindari terjadinya kerusakan pada mekanisme katup di dalam *cylinder head*, dikarenakan rendahnya tekanan dan suhu bahan bakar *methane* yang dapat memicu terjadinya detonasi yang dapat menyebabkan keretakan pada mekanisme katup. Masalah-masalah diatas disebabkan karena terjadinya perbedaan keperluan yang saling bertolak belakang antara generator induk sebagai penghasil listrik utama diatas kapal yang normalnya harus menyediakan daya listrik yang besar untuk sistem regasifikasi kapal, serta GCU yang bertugas untuk mengatur tekanan di dalam tangki muatan.

Adapun masalah lainnya yang dapat mengakibatkan terjadinya penurunan suhu dan tekanan dari bahan bakar *methane* tersebut, yaitu kurangnya penggunaan *Gas Heater*. *Gas Heater* memiliki fungsi untuk meningkatkan suhu dari bahan bakar *methane* dengan menggunakan uap bertekanan 1 Mpa dari ketel bantu sebagai media pemanas. Uap tersebut akan masuk ke bagian *shell* sementara bahan bakar *methane* akan berada di dalam bagian *tube* dari *Gas Heater* tersebut. Normalnya, *Gas Heater* hanya digunakan jika suhu muatan yang diberikan oleh terminal mencapai tingkat yang sangat dingin yaitu mencapai -161°C atau biasa disebut *Cold Cargo*. Suhu muatan yang diberikan oleh terminal normalnya berkisar 157°C – 159°C dibawah nol, dan kondisi muatan seperti ini disebut sebagai *Hot Cargo*. Namun, kondisi *Hot Cargo* tidak menjamin cocoknya suhu dan tekanan bahan bakar *methane* yang akan disuplai menuju kamar mesin. Dikarenakan tidak stabilnya sifat dari LNG itu sendiri, serta tidak

memungkinkannya pengaturan secara instan pada *Pre-cooler*.

Selain dua masalah utama penyebab terjadinya penurunan suhu dan tekanan bahan bakar *methane* di atas, masih banyak masalah-masalah ataupun penyebab dari turunnya suhu dan tekanan bahan bakar *methane*. Di bawah ini penulis akan memaparkan kembali penyebab sensor suhu dan tekanan bahan bakar *methane* mendeteksi alarm *low* maupun *low-low* selain penyebab-penyebab diatas, yaitu:

- a.** Terjadinya kebocoran uap di dalam *Gas Heater*
- b.** No. 1 dan No. 2 *Boiler Trip*
- c.** Rusaknya katup pengendali otomatis pada *Pre-cooler*
- d.** Rendahnya suhu dan tekanan muatan yang diberikan terminal
- e.** Rusaknya sensor suhu dan tekanan bahan bakar *methane*
- f.** Terjadinya keabnormalan di dalam ruang unit katup gas
- g.** Rusaknya pengendali aliran menuju *burner* GCU
- h.** Terjadinya *trip condition* pada *Low Duty Compressor*

## **B. ANALISIS DATA**

Di dalam analisa ini akan dititikberatkan pada bagaimana proses terjadinya penurunan suhu dan tekanan bahan bakar *methane* serta proses terjadinya kenaikan suhu gas buang pada tiap silinder generator induk, yang berujung pada ketidakefisienan dan tidak optimalnya penggunaan bahan bakar *methane* di atas MV. Tangguh Sago. Adapun tujuan analisis data ini adalah untuk menganalisis masalah sehingga solusi dari masalah tersebut dapat ditemukan.

### **1. Tingginya Suhu Gas Buang pada Saat Generator Induk Menggunakan Bahan Bakar Gas Methane**

Setelah dibahas dan dianalisis sesuai dengan data yang ada, maka pada bagian ini akan dijelaskan bagaimana perbandingan antara kondisi yang normal dan tidak normal dan dimana letak kondisi yang tidak normal didalam sistem penyuplaian bahan bakar *methane* yang menyebabkan terjadinya kenaikan suhu gas buang dari tiap silinder generator induk.

Ketidaknormalan ini diketahui dari indikator pada *Wartsila Operator Interface System (W.O.I.S)*, yang menunjukkan adanya ketidaknormalan pada bagian suhu gas buang generator induk. Suhu dari gas buang generator induk mencapai titik yang terlalu tinggi yaitu 540°C. Hal ini mengaktifkan alarm sebagai indikasi adanya masalah pada sistem bahan bakar. Masalah ini terus menuju kearah yang lebih buruk, dimana suhu gas buang dari generator induk terus naik dan mencapai titik 600°C. Hal ini mengaktifkan *relay module* MCM yang membuat generator induk masuk ke mode *trip condition*. Sehingga penyediaan tenaga utama sistem pada *FSRU Turquoise* terganggu.

#### **a. Terjadinya gangguan pada *gas admission system***

Proses normal yang terjadi pada sistem ini adalah bahan bakar *methane* yang telah melewati ruang *Gas Valve Unit (GVU)* untuk disesuaikan suhu dan tekanannya, akan didistribusikan menuju tiap-tiap silinder generator induk. Pada tiap-tiap silinder generator induk terdapat *Gas Admission Valve (GAV)* yang akan menyesuaikan jumlah bahan bakar *methane* yang akan disuplai secara spesifik sesuai kondisi pembakaran pada tiap-tiap silinder.

Pada proses yang normal, GAV akan membuka sesuai dengan sinyal bukaan yang dikirimkan oleh CCM. Bukaan GAV pada tiap silinder akan berbeda-beda dikarenakan berbedanya kondisi pembakaran pada tiap-tiap silinder dan akan menghasilkan pembakaran yang sempurna dan suhu gas buang yang normal.

**b. Modul kontrol pendeteksi parameter dan pengirim sinyal yang tidak akurat**

Setelah dibahas dan dianalisis sesuai dengan data yang ada, maka pada bagian ini akan dijelaskan bagaimana perbandingan antara kondisi yang normal dan tidak normal, dan dimana letak kondisi yang tidak normal di dalam sistem penyuplaian bahan bakar *methane* yang menyebabkan terjadinya kenaikan suhu gas buang.

Pada prinsipnya, penggunaan bahan bakar *methane* Tingginya suhu gas buang terjadi saat kapal mengganti mode bahan bakar solar ke mode bahan bakar gas (*Gas Mode*). Umumnya, penggantian mode bahan bakar ini dilakukan saat kapal selesai melakukan *maneuvering* dan akan memasuki kondisi *full away* setelah kegiatan bongkar muat selesai.

Pada kondisi tersebut, suhu gas buang akan naik sebagai hasil dari penggunaan bahan bakar *methane*. Kenaikan suhu gas buang tidak akan berlangsung lama karena sistem akan segera menyesuaikan dan pembakaran akan normal kembali. *Main Control Module* akan segera mengatur rasio udara dan bahan bakar yang baru dan menurunkan suhu gas buang pada tingkat yang normal yaitu 490°C-510°C. Namun, saat suhu gas buang tidak kunjung turun ke tingkat yang normal dan melewati batas deviasi dari nilai mean suhu gas buang antar silinder, sistem proteksi generator induk akan mengganti mode bahan bakar kembali ke mode bahan bakar solar (*trip condition*).

Setelah diamati melalui *Wartsila Engine Control System* (WECS), ditemukan ketidaksesuaian bukaan pada GAV di salah satu silinder

generator induk. Normalnya, sinyal bukaan (SV) dan bukaan GAV (PV) akan tidak jauh berbeda.

Permasalahan ini juga dapat diakibatkan oleh ketidaksesuaian pada *waste gate* yang berfungsi mengatur suplai udara dengan mengontrol kecepatan *turbocharger*. Normalnya, *waste gate* akan bekerja secara otomatis setelah menerima sinyal dari *Main Control Module* (MCM). Namun, karena kerusakan pada sensor salah satu sistem kontrol, *waste gate* tidak dapat membuka dan menutup sebagai mana mestinya sehingga rasio udara yang baik tidak dapat dicapai dan menimbulkan tingginya suhu gas buang akibat dari tidak sempurnanya pembakaran di dalam silinder.

## **2. Rendahnya Suhu dan Tekanan Bahan Bakar Methane pada Area Kamar Mesin**

Bahan bakar *methane* adalah gas *methane* hasil proses evaporasi muatan kapal LNG. Untuk penyesuaian suhu dan tekanan bahan bakar *methane*, *vapour* gas akan masuk ke ruang katup unit gas (GVU). Pada ruang ini proses penyaringan, pengaturan, serta proses pemeriksaan bahan bakar *methane* akan dilakukan. Pada ruang ini juga proses *purging* bahan bakar *methane* dengan menggunakan nitrogen dapat dilakukan. Pada proses yang normal, sistem ini berjalan dengan menjaga tekanan bahan bakar *methane* pada 420-550 kPa, dan suhu pada 35–40°C. Dikarenakan penggunaan GCU pada waktu yang bersamaan, penurunan suhu dan tekanan bahan bakar *methane* secara tiba-tiba akhirnya terjadi. Hal ini dideteksi oleh sistem pengaman generator induk sehingga, sebagai tindak perlindungan pada generator induk, *relay module* akan mengaktifkan mekanisme *trip condition* pada generator induk demi mencegah terjadinya kerusakan.

### **a. Terjadinya kesalahan penggunaan GCU yang berlebih**

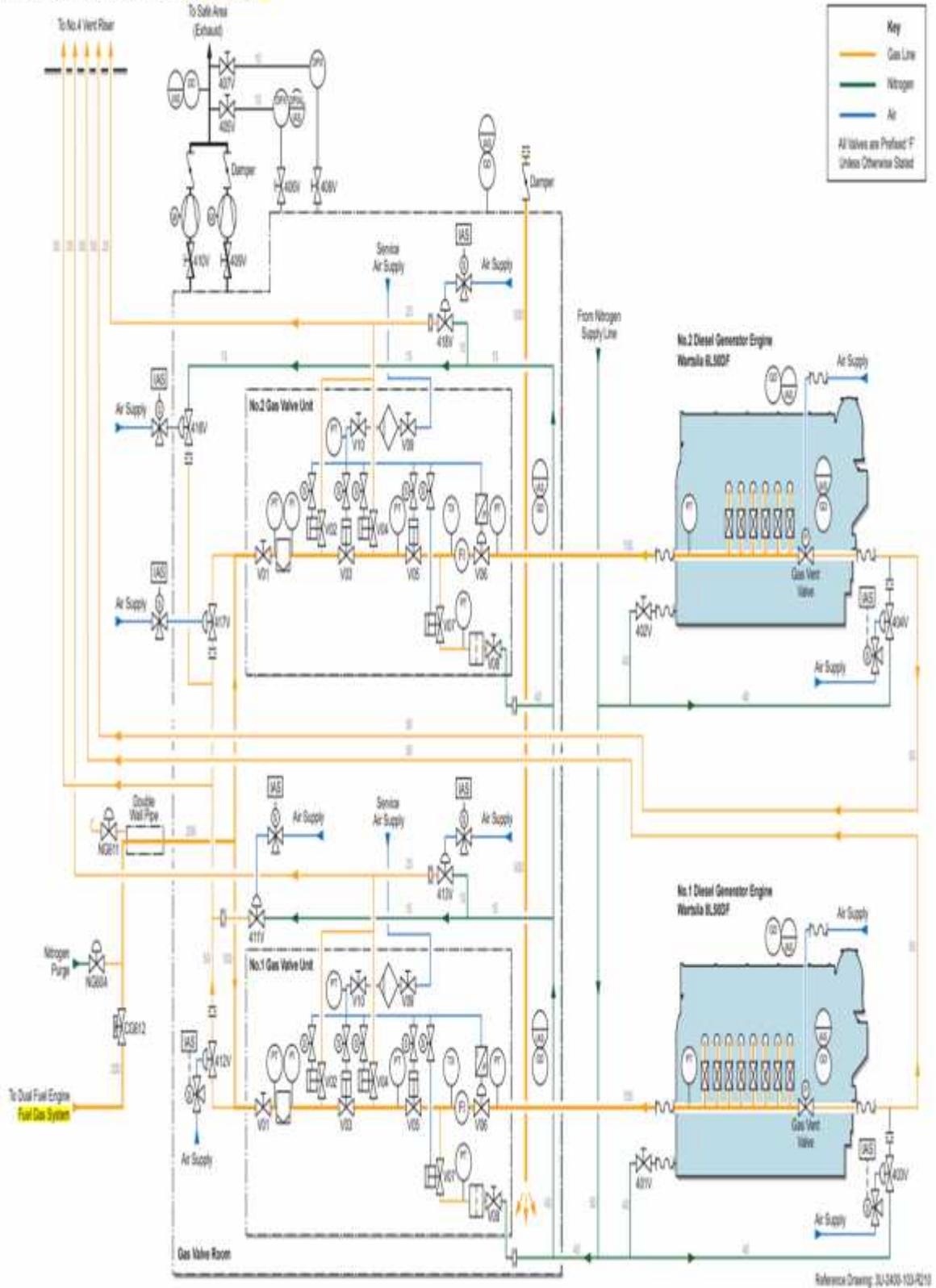
Proses normal yang terjadi pada sistem ini adalah gas *methane* yang digunakan sebagai bahan bakar berasal dari proses evaporasi muatan LNG yang memiliki suhu  $\pm 160^{\circ}\text{C}$  di bawah nol, serta memiliki kandungan *methane*  $\pm 96\%$  yang kemudian akan terkumpul pada bagian tertentu dalam

tangki muatan berupa *Gas Dome*, untuk diproses lebih lanjut dalam sistem penyuplaian bahan bakar *methane*. Setelah terkumpul pada *Gas Dome*, gas *methane* tersebut dihisap oleh dua buah *compressor* berkapasitas rendah yang disebut dengan *Low Duty Compressor*, didalam *compressor* tersebut tekanan *methane* akan diatur sedemikian rupa antara 178–650 kPa (ditentukan berdasarkan tingkat kandungan *methane* dalam *vapour*). Selain perubahan tekanan, perubahan suhu antara 30,5 – 66,7°C juga terjadi. Pada proses normal, hanya satu *compressor* yang dioperasikan sebagai pengatur tekanan *methane* sekaligus sebagai pengatur suhu dan *flow rate* dari bahan bakar *methane* tersebut. Sementara satu *compressor* lainnya dalam posisi *standby* dan siap dipakai guna mengantisipasi terjadinya *trip condition* pada *compressor* yang sedang dioperasikan (*running compressor*). Hal ini dilakukan demi memastikan stabilnya proses penyuplaian bahan bakar *methane* ke dalam kamar mesin serta mencegah kenaikan tekanan tangki muatan secara tiba-tiba.

Setelah melalui *Low Duty Compressor*, pengaturan bahan bakar *methane* selanjutnya akan diteruskan ke dalam kamar mesin, yaitu ruang *Gas Valve Unit* (GVU). Proses ini telah dijelaskan pada bagian deskripsi data sebelumnya pada permasalahan menurunnya tekanan dan suhu bahan bakar *methane*. Pada ruang GVU, terjadi suatu pengaturan tekanan dan suhubahan bakar *methane* berdasarkan kondisi generator induk. Data-data tentang kondisi generator induk tersebut diperoleh dari *Integrated Automatic System* (IAS), yang telah terintegrasi dengan sistem kontrol generator induk itu sendiri. Sementara *pressure regulating valve* yang bertugas sebagai pengatur tekanan dan injeksi utama dalam ruang tersebut diatur oleh sistem kontrol utama generator induk itu sendiri, yaitu *Wartsila Engine Control System* (WECS) 8000. Selama proses penyalaan dan pemberhentian generator induk, kendali berurut dari katup keamanan dan katup ventilasi, berkomunikasi antara WECS dan *Unit Control Panel* (UCP). Komunikasi ini juga mencakup pengecekan kebocoran katup, dilaksanakan setiap proses penyalaan generator induk dan menggunakan nitrogen sebagai gas perantara. Tekanan gas suplai yang bersangkutan akan diperiksa dalam MCM yang bertindak sebagai inti dari WECS8000.

Setelah itu akan dikirim sinyal referensi tentang tekanan gas berdasarkan beban generator induk. Sinyal elektrik sesudah itu akan dikirim kepada GAV. Tekanan gas yang sebenarnya, akan dihitung pada mesin dan dibandingkan dengan tekanan referensi. Jika perbedaan yang didapat terlalu besar, alarm akan menyala. Jika perbedaan semakin meningkat, katup keamanan dalam ruang GVU akan sesegera mungkin memotong suplai gas ke dalam mesin. Jumlah gas yang diinjeksikan ke dalam tiap silinder akan dikendalikan oleh GAV yang terpasang di tiap silinder, dan dikendalikan oleh CCM. Jumlah gas yang diinjeksi tergantung pada tekanan gas suplai dan waktu durasi dari pembukaan GAV. Proses normal dari sistem penyuplaian bahan bakar *methane* pada ruang GVU (*Gas Valve Unit*) dapat dilihat pada skema IAS dibawah ini :

Illustration 2.9.2c Diesel Generator No.1 and No.2 Fuel Gas System



Gambar. 3.2 Diagram Sistem Bahan Bakar *Methane* di GUV (Hyundai

Heavy Industry, 2019: 87)

Selain skema diatas, penulis juga melampirkan daftar *checklist* yang juga dapat digunakan sebagai persyaratan yang harus dipenuhi dalam penggunaan generator induk sesuai dengan anjuran dari pihak *maker*:

High MFI demand offset	CX9011A	> + 20%	30 sec	
Low MFI demand offset	CX9101B	< - 20%	30 sec	
High gas pressure deviation from reference	PT901	30 kPa	10 sec	
Low gas valve unit inlet gas pressure	P003	400 kPa	3 sec	
High gas valve unit inlet gas pressure	P003	800 kPa	3 sec	
High gas valve unit inlet gas temperature	T001	50 °C		
Engine load over max. transfer level (active only during transfer)	UA793	80 %	0 sec	Transfer to gas mode
CAN communication failure CCM/MCM, ACQ	NS810#/811#	true	3 sec	

A

### larm 1 Penggunaan Generator Induk

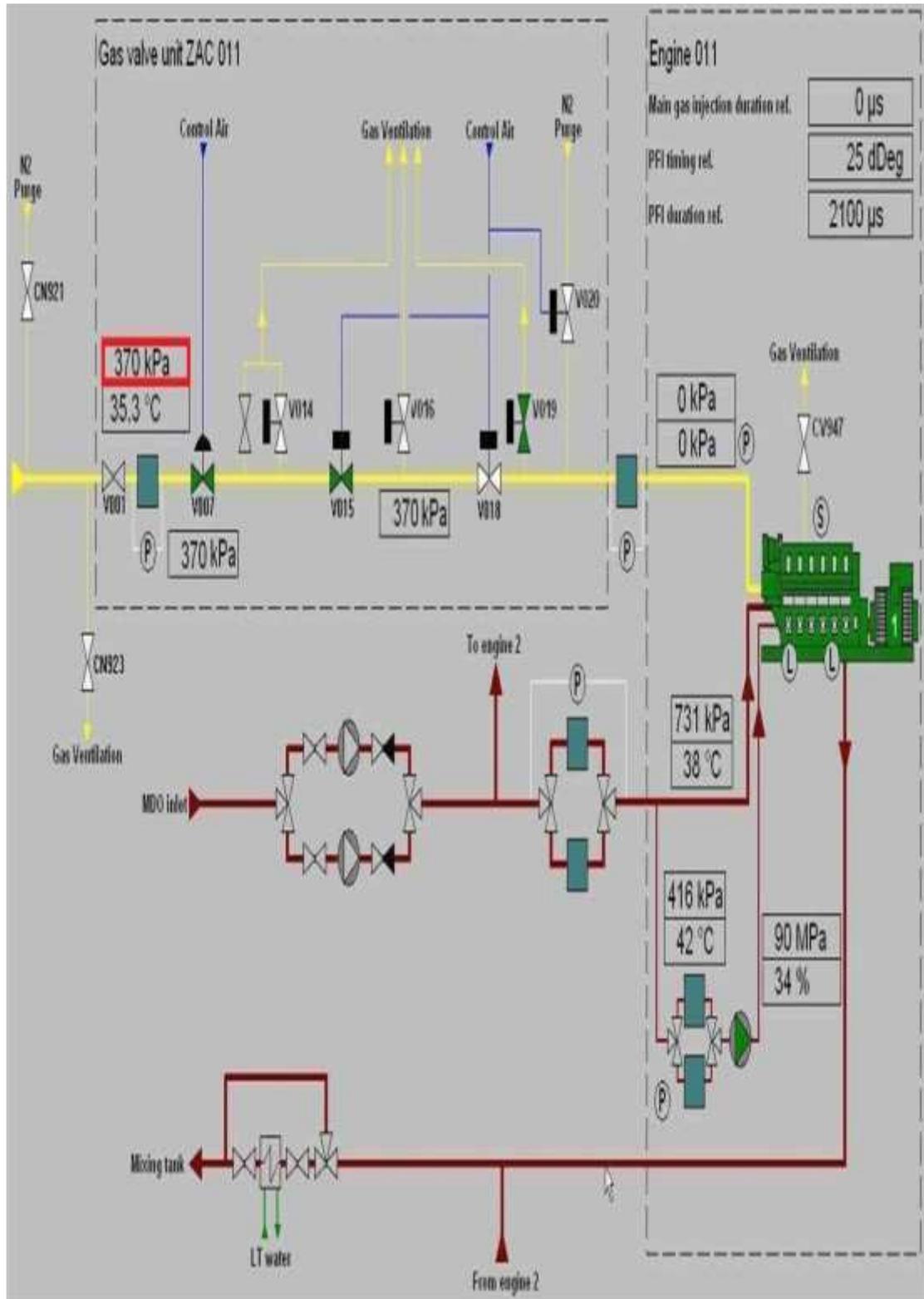
High lube oil temperature, engine inlet	TE201	70 °C	5 sec	
Low lube oil pressure, engine inlet	PT201	350 kPa	5 sec	
Low lube oil pressure, turbocharger inlet	PT271	220 kPa	15 sec	Napier T/C
High lube oil temperature, T/C outlet	TE272/282	120 °C	5 sec	A, B-bank
Low starting air pressure	PT301	1.8 MPa	5 sec	
Low control air pressure	PT311	2.0 MPa	5 sec	
Low instrument air pressure	PT312	500 kPa	3 sec	
Low HT water temp, jacket inlet	TE401	50 °C	5 sec	
High HT water temp, jacket outlet	TE402/403	105 °C	5 sec	A, B-bank
Low HT water press, jacket inlet	PT401	200 kPa	5 sec	
Low LT water press, CAC inlet	PT471	200 kPa	5 sec	
High exh. gas temp. after cylinder	TE50##A/B	540 °C	5 sec	
High exh. gas temp. deviation from average	TE50##A/B	± 80 °C	5 sec	

### Gambar 3.4 Daftar Alarm 2 Penggunaan Generator Induk

#### **b. Kurangnya jumlah gas methane yang akan disuplai ke generator induk**

Pada prinsipnya, telah penulis paparkan di dalam penjelasan bahwa pada kondisi normal sistem penyuplaian bahan bakar *methane* berawal dari proses evaporasi muatan yang menjadi bahan bakar *methane* hingga proses kerja dari sistem tersebut. Proses terjadinya penurunan tekanan dan suhu terjadi pada saat terjadinya penggunaan GCU, pada saat generator induk menggunakan *gas mode (full ahead condition)*, dan pada saat proses pemuatan maupun proses akan meninggalkan pelabuhan.

Pada kondisi-kondisi tersebut, akan terjadi proses kenaikan tekanan pada tangki muatan dalam selang waktu tertentu. Kenaikan tekanan pada tangki muatan disebabkan terjadinya penguapan muatan akibat perbedaan suhu yang signifikan antara muatan yang baru saja dimasukkan ke dalam tangki muatan dengan suhu tangki muatan itu sendiri. Sehingga, pada kondisi tersebut mesin muatan akan menyalakan GCU guna mengurangkan tekanan yang terjadi di dalam tangki muatan. Akan tetapi hal ini akan memunculkan masalah lain yaitu penurunan tekanan dan suhu bahan bakar *methane* yang disebabkan terpecahnya penyuplaian bahan bakar *methane* yang menuju generator induk dan GCU. Masalah ini ditunjukkan pada indikator yang ada pada ruang GVU. Normalnya suhu minimal untuk bahan bakar *methane* adalah 35°C dan tekanan minimal 420 kPa. Pada gambar dibawah ini, kita dapat melihat munculnya masalah berupa penurunan tekanan bahan bakar *methane* yang berkisar pada 370 kPa.



Gambar 3.5 Kondisi Penurunan Tekanan Bahan Bakar *Methane* pada GVU

Genset 1 measurements, engine serial PAAE029811		ENGINE RUNNING HOURS 7117 h	
Generator load	2282 kW	Main gas press	31 kPa
Max. available power	100 %	Main gas press control	50 kPa
Engine speed	511 rpm	Main gas press deviation from ref	31 kPa
Engine speed, MCR/90	510 rpm	Main gas regulator pressure	53 kPa
Engine speed reference	549 rpm	MFI global gas duration ref	0 gs
TC A speed	8620 rpm	Gas valve unit, inlet gas pressure, P93	0 kPa
TC B speed	8580 rpm	Gas valve unit, inlet gas temperature, T91	34 °C
Engine load feedback	2347 kW	Gas valve unit, main gas pressure, P96	0 kPa
Engine load, ppt	285 %	FO press, engine inlet	784 kPa
Max. available power	100 %	FO temp, engine inlet	37 °C
Main bearing 01 temp	71 °C	Pilot fuel press, inlet	718 kPa
Main bearing 01 temp	66 °C	Pilot fuel temp, inlet	38 °C
Main bearing 02 temp	69 °C	Pilot fuel press, pump outlet	89.6 MPa
Main bearing 03 temp	71 °C	Pilot FO press control	32 %
Main bearing 04 temp	71 °C	Fuel rack control	9370 gs
Main bearing 05 temp	71 °C	PFI global gas timing ref	25 dDeg
Main bearing 06 temp	71 °C	PFI global gas duration ref	3900 gs
Main bearing 07 temp	66 °C	HT water press, jacket inlet	389 kPa
Crankcase press	2 Pa	HT water temp, jacket inlet	65 °C
Air temp, TC inlet	36 °C	HT water temp, jacket outlet A bank	67 °C
Exh WG	0 %	HT water temp, jacket outlet B bank	67 °C
CA press, engine inlet	20 kPa	HT water temp, HT CAC outlet	67 °C
CA temp, engine inlet	41 °C	HT water temp engine outlet	66 °C
		HT temp controller, actual setpoint	91 °C
		Running hours on Gas	5440 h
		Running hours on MDO	8677 h
		Running hours on Backup	11 h
		Exh gas temp, cyl 01A	373 °C
		Exh gas temp, cyl 02A	372 °C
		Exh gas temp, cyl 03A	381 °C
		Exh gas temp, cyl 04A	373 °C
		Exh gas temp, cyl 05A	370 °C
		Exh gas temp, cyl 06A	389 °C
		Exh gas temp, cyl 01B	389 °C
		Exh gas temp, cyl 02B	389 °C
		Exh gas temp, cyl 03B	387 °C
		Exh gas temp, cyl 04B	382 °C
		Exh gas temp, cyl 05B	374 °C
		Exh gas temp, cyl 06B	386 °C
		Engine exh gas avg temp	379 °C
		Exh gas temp TC A inlet	382 °C
		Exh gas temp TC A outlet	338 °C
		Exh gas temp TC B inlet	401 °C
		Exh gas temp TC B outlet	337 °C

Gambar 3.6 Kondisi Penurunan Suhu dan Tekanan Bahan Bakar

### Methane

Masalah tersebut juga memiliki penyebab lain, yaitu kurang optimalnya penggunaan *Gas Heater* yang berfungsi untuk menaikkan suhunya dari bahan bakar *methane*. Normalnya, *Gas Heater* akan bekerja secara otomatis setelah menerima sinyal dari *Gas Management System* (GMS). Namun karena terjadinya kerusakan pada sistem kontrol, *Gas Heater* harus dinyalakan secara manual. Kurangnya familiarisasi masinis muatan terhadap penggunaan permesinan muatan ditemukan. Selain itu, pada saat *Gas Heater* hendak dinyalakan, ditemukan kebocoran uap pada bagian *expansion bellow*. Hal ini dapat mengakibatkan tidak berfungsinya *Gas Heater* dalam menaikkan suhu bahan bakar *methane*. Masalah-masalah diatas dapat terjadi secara berurutan sehingga menyebabkan terjadinya penurunan suhu dan tekanan bahan bakar *methane* secara drastis sehingga dapat mengakibatkan *trip condition* pada generator induk.

### 3. PEMECAHAN MASALAH

Penulis ingin memberikan beberapa pemecahan masalah sesuai dengan apa yang telah penulis jelaskan pada bagian analisis data. Pemecahan masalah tersebut yaitu:

#### 1. Tingginya Suhu Gas Buang pada Saat Generator Induk Menggunakan Bahan Bakar Gas Methane

- a. Penggantian bagian-bagian *Gas Admission Valve* ataupun unit *Gas Admission Valve* itu sendiri secara menyeluruh.

Penggantian *gas admission valve* secara menyeluruh aataupun bagian-bagiannya adalah salah satu alternatif pemecahan masalah yang dapat dilakukan terhadap masalah yang penulis alami. Hal ini dikarenakan permasalahan yang terjadi adalah tingginya suhu gas buang dari generator induk sebagai akibat dari buruknya pemasukan bahan bakar *methane* di dalam ruang pembakaran yang dilakukan oleh GAV. Penggantian bagian GAV dapat membantu mengatasi terlalu besar dan kecilnya pembukaan GAV. Namun jika terjadi kerusakan pada bagian filternya, GAV harus diganti secara menyeluruh. Hal ini disebabkan karena filter pada GAV terintegrasi. Filter pada GAV sangatlah penting karena memiliki fungsi untuk menyaring kotoran dan karbon yang terkandung pada bahan bakar *methane*, akan tetapi filter pada GAV pada normalnya sangat rentan. Hal ini menyebabkan penggantian GAV secara menyeluruh selalu dilakukan karena setiap dilakukannya penggantian, filter akan selalu rusak.

Keuntungan dari pemecahan masalah ini adalah tingkat keberhasilan dalam menyelesaikan masalah tingginya suhu gas buang yang hampir 90%. Karena utamanya diakibatkan oleh tidak sesuainya bukaan *Gas Admission Valve* (GAV) dengan sinyal yang dikirim oleh MCM, saat penggantian telah dilakukan, bukaan GAV akan sesuai dan suhu gas buang akan turun ke tingkat yang normal.

- b. Melakukan pengontrolan *inlet valve* GCU pada saat kondisi kapal *full ahead*.

Permasalahan yang penulis bahas dalam makalah ini, terjadi pada saat kapal keluar dari pelabuhan dalam kondisi *full ahead*. Pada saat kondisi *full ahead* terjadi kenaikan tekanan tangki muatan, terutama pada bagian *gas dome* sehingga berpengaruh sistem bahan bakar *methane*. GCU akan secara otomatis menyala, sehingga menyebabkan penurunan suplai bahan bakar *methane* terhadap generator induk. Masinis muatan yang bertanggung jawab sebagai operator dari GCU harus melakukan pengendalian terhadap *inlet valve* dari GCU dengan dikendalikan secara pneumatik melalui *Cargo Control Console*. Sehingga suplai bahan bakar *methane* untuk generator induk pun tidak terganggu.

## **2. Rendahnya Suhu dan Tekanan Bahan Bakar Methane pada Area Kamar Mesin**

- a. Penggantian *Cylinder Control Module*

Pada alternatif pemecahan ini dilakukan suatu penggantian pada sistem kontrol, dengan cara melakukan penggantian *Cylinder Control Module* (CCM) yang bertugas untuk mendeteksi parameter mesin yang akan diproses oleh *Main Control Module* (MCM) yang akan memberikan sinyal pengatur pembukaan dan penutupan *Gas Admission Valve* (GAV). Penggantian CCM dilakukan dengan mengganti modul yang lama dengan modul yang baru.

Sistem bahan bakar generator induk yang modern bergantung pada modul elektroniknya. Modul kontrol pendeteksi parameter dan pengirim sinyal memegang peran penting dikarenakan sinyal yang dikirimkan oleh modul tersebut memengaruhi komponen mesin yang lain. Hal ini dikarenakan *Cylinder Control Module* (CCM) yang baru memiliki kemampuan yang baik untuk mendeteksi kondisi silinder generator induk.

- b. Melakukan pengendalian *Low Duty Compressor* untuk memperbesar kapasitas penyuplaian bahan bakar *methane*.

Dengan cara memperbesar kapasitas penyuplaian bahan bakar *methane*. Cara ini dilakukan dengan mengubah *Low Duty Compressor* ke *high mode* serta memperbesar pembukaan *Variable Diffuser Vane (VDV)*. Pada cara ini memerlukan kewaspadaan dan ketelitian yang tinggi dari masinis muatan selaku operator permesinan muatan, hal ini disebabkan apabila pembukaan *VDV* terlalu besar, kemungkinan ledakan bahan bakar *methane* di dalam *Low Duty Compressor* dapat terjadi. Karena dengan menggunakan pemecahan masalah ini, tingkat evaporasi, suhu, serta tekanan dari LNG di dalam tangki muatan juga dapat dikendalikan.

## BAB IV

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. KESIMPULAN

Setelah seluruh masalah yang tertera dalam makalah ini dibahas dan dianalisis pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan yang merupakan hasil dari tinjauan teori, penyebab masalah dan unsur-unsur yang terkait dalam tiap-tiap rumusan masalah sebagai berikut:

1. a. Terjadinya kenaikan suhu gas buang pada generator induk disebabkan kerusakan pada *Gas Admission Valve* adalah terlalu tingginya suhu gas buang yang dapat mencapai  $500^{\circ}\text{C}$  -  $550^{\circ}\text{C}$ .
- b. Kerusakan pada *Cylinder Control Module* disebabkan karena tidakstabilan dan keterlambatan pengiriman data spesifik tentang generator induk oleh *Cylinder Control Module*, serta rendahnya kualitas media penghantar listrik dalam hal ini kabel.
2. a. Melakukan pengendalian inlet valve *Gas Combustion Unit* pada saat kapal melaksanakan regasifikasi dengan baik sehingga dapat mengontrol bahan bakar *methane* yang masuk ke kamar mesin.
- b. Tidak maksimalnya penggunaan *Low Duty Compressor* disebabkan kurangnya pengetahuan dan pengalaman masinis muatan selaku operator permesinan tersebut.

## B. SARAN

Berdasarkan kesimpulan-kesimpulan di atas penulis memberi saran dalam hal pencegahan dan penanganan terlalu tingginya suhu gas buang pada generator induk dan juga rendahnya tekanan dan suhu bahan bakar *methane* yang akan masuk ke kamar mesin maka penulis memiliki saran sebagai berikut :

1. a. Untuk pencegahan terlalu tingginya suhu gas buang dari generator induk dapat ditempuh dengan cara mengganti *Gas Admission Valve* dengan spare part yang baru.  
  
b. Melaksanakan pengecekan dan *monitoring* pada kondisi setiap instrument pada *Cylinder Control Module* dalam kegiatan rutinitas harian dengan baik dan cermat.
2. a. Memonitor setiap fungsi sistem pada *Gas Combustion Unit* saat kapal melaksanakan regasifikasi secara baik dan cermat.  
  
b. Familiarisasi mendalam tentang permesinan muatan terutama pengendalian *Low Duty Compressor* kepada masinis muatan.

## DAFTAR PUSTAKA

GTE. *Liquefied Gas Handling Principles On Ships And In Terminals*. England: Sigtto, 2015.

Sasaki, Joichi. *Engine Departement Manual*. 2011.

Hyundai Heavy Industry. *Machinery Operating Manual*. 2010

Hyundai Heavy Industry. *Cargo Operating Manual*. 2010

Hyundai Heavy Industry. *LNG Operating Manual*. 2010

Wartsila. *Engine Operation and Maintenace Manual*. Finland : Wartsila Service. 2011

Wartsila. *Dual Fuel Engine Theoretical Power*. 2020

SHIP'S PARTICULAR *FLOATING STORAGE REGASIFICATION UNIT TURQUOISE*

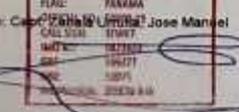
PARTICULARS OF FSRU TURQUOISE				
GENERAL			PRINCIPAL	
OWNER	PARDUS ENERGY LIMITED			
MANAGER	WILHELMSSEN SHIP MANAGEMENG SDN BHJD			
BUILDER	Hyundai Heavy Industry			
KEEL LAID	13th Mar 2018			
DELIVERED	10th June 2019			
HULL No	2945	<i>Last Docking:</i>		
FLAG	PANAMA			
I.M.O NO.	9823883	CLASS NO.	33041R	
CALL SIGN	3FWK7			
OFF No	813			
SAT-C TLX: 437 097 410, SAT-C TEL: 437 097 411				
MMSI : 370974000				
FBB: + 870 773 180 378				
Service Speed	18.0Kts			
Manifold/Regas Crane: SWL 20 T, Manifold crane with personnel transfer: 10T(Cargo), 1T(personel), Compressor room crane: 10T, HP Manifold crane: 7T, Provision crane (P & S): 5T, Engine room crane(2 Unit): 2T				
MISCELLANEOUS INFORMATION				
DG Wartsila 8L50DF = 2 nos / 6L50DF = 2 nos				
Max Power 7800kW / 5850kW				
PRINCIPAL				
DIMENSIONS				
LOA	294,280			
LBP	282,000			
BREADTH	46,000	[MOULDED]		
DEPTH	26,000	[MOULDED]		
DRAFT	11,300	[SUMMER MOULDED]		
DRAFT	13,519	[In Port]		
DISPL	127.133	[SUMMER]		
TONNAGE				
	INT	SUEZ	PANAMA	
GT	109777,00	112834,08	N/A	
NT	36075,00	96753,71	107552,00	
MAIN ENGINE				
TYPE	Electric Propulsion, Rated Power 16MVA			
MCO- 20600 kW @ 76.8rpm				
AIR DRAFT				
KEEL TO MANIFOLD	31,39 Mtrs			
KEEL TO AERIAL MAST	68.03 mtr	Collapse 67.01mtr		
KEEL TO UPPER DECK	26,00 Mtrs			
HT OF MANIFOLD	5,39 Mtrs above Upp Dk			
MOORING EQUIPMENT				
ANCHOR	STOCKLESS 2 Nos, HIGH HOLDING POWER, WT 15 MT			
CHAIN	14 SHACKLES ON "P" & 14 SHACKLES ON "S"			
SIZE DIA 111 X 770,000 MM				
MOORING	Wires(6X37) Total 22, Size 42mm, L 275Mtrs, MBL 127T			
Tails	Nylon Rope (8 Cross), Size 100mm, Length 11 m			
MBLS: Wire 127 MT, Mandel 175 MT, Tail Rope 174 MT				
TANK WISE CAPACITY IN 100% CU.M.				
		98% / SQ.46	98% / SQ.50	
NO. 1 TANK	26.533,90	11.961,50	13.001,60	
NO. 2 TANK	47.832,60	21.562,90	23.438,00	
NO. 3 TANK	47.832,60	21.562,90	23.438,00	
NO. 4 TANK	47.832,60	21.562,90	23.438,00	
TOTAL	170.031,70	76.850,20	83.315,60	
CLASS BUREAU VERITAS				
I, +HULL, +MACH Unrestricted navigation, Liquefied gas carrier(Ship type 2G, Membrane tank, Maximum pressure 70 kPaG, Minimum temperature, -163°C and Specific gravity 500 kg/m3), ESA,+VeriSTAR HULL FAT 40 years, +AUT-UMS, INWATERSURVEY, MON-SHAFT, CPS(WBT), -duelfuel, RV, BWT, CLEANSHIP, GREEN PASSPORT, IATP				
CERTIFIED ACCOMODATION(Safety Eqp Cert)				
LIFEBOAT CAPACITY			40 PERSONS	
LIFE RAFTS 4 FOR 20 PERSONS, 1 FOR 6 PERSONS.				
L/BUOY 14, L/JACKETS 58,IMMRSN SUIT 58,				
CERTIFICATES				
	ISSUED	EXPIRES		
FITNESS	10-Oct-19	09-Jun-24		
LOADLINE	15-Oct-09	09-Jun-24		
SAFETY EQUIPMENT	15-Oct-19	09-Jun-24		
SAFETY CONSTRUCTION	15-Oct-19	09-Jun-24		
SAFETY RADIO	15-Oct-19	09-Jun-24		
IOPP	27-Nov-19	09-Jun-24		
DERAT EXEMPTION	17-Mar-22	17-Sep-22		
FREEBOARD, DRAFT & DEADWEIGHT [m] & [MT]				
Keel to Dk Line 20.733 Mtrs				
	FBOARD	DRAFT	DWT	DISPMNT
SUMMER	7,470	12,519	93.033	127.133
WINTER	7,730	12,259	90.070	124.170
TROPICAL	7,210	12,779	96.023	130.123
L/SHIP	16,279	3,710	0	33.631
NOR/BALLAST	10,849	9,140	56218,0	89849
CAPACITIES (MT)				
FRESH WATER		446,2		
BALLAST TANKS (100% FULL)		60586,1		
GAS OIL(98.5% FULL @ 0.850 r.d.)		4442,8		
PROPELLER / RUDDER				
TYPE	FIXED PITCH 5 BLADES,WET KEYLESS TYPE			
DIAMETER	8.600 mm			
MEAN PITCH : 7.5345	PITCH RATIO 0.6202			
RUDDER: FULL-SPADE TYPE				
DISTANCES				

### CREW LIST FLOATING STORAGE REGASIFICATION UNIT TURQUIOSE

CREW LIST										
1. Name of ship <b>TURQUIOSE P</b>		2. Port of arrival <b>ETKL ALIAGA</b>		3. Date of Arrival <b>02-Jul-21</b>						
4. Nationality of ship <b>PANAMA</b>		5. Port of departure		6. Name and No. of identity document		6a. Issue and No. of identity document				
No.	7. Family name, given name	8. Rank or rating	9. Nationality	10. Date and place of birth	Passport	Expiry	Seaman Book	Expiry	Joining Date	
1	Zabala Urutia, Jose Manuel	Master	Spanish	05-Apr-63	Spain	FAA886198	25-Jun-25	LM02081	22-Feb-22	17-Jun-21
2	Sarico Abdollah	Trainee Master	Turkish	08-Apr-86	Izmir, Turkey	U23677062	15-Sep-30	900305500	07-Oct-25	21-Apr-21
3	Girshov, Yuriy	Chief Officer	Ukrainian	20-Apr-79	Ukraine	FJ85446	15-Nov-27	AB640154	11-Jul-24	12-Jun-21
4	Ramon Rolando R. Fajardo	2nd Officer-1	Filipino	08-Aug-88	Baso Cam Sur	P51823098	25-Jan-31	C1408605	08-Nov-28	28-Mar-21
5	Turhan Onur	2nd Officer-2	Turkish	03-Apr-89	Samsat, Turkey	U05039360	30-May-22	900297945	22-Jul-25	28-Mar-21
6	Tandogan Ahmet Mustafa	3rd Officer	Turkish	12-May-91	Akkocuss, Duzce	U05918398	11-May-25	900289642	02-Mar-25	03-Apr-21
7	Kolay Kublay	Deck Cadet	Turkish	02-May-95	Banliyay, Turkey	U22778808	09-May-22	900309386	12-Nov-25	31-Mar-21
8	Kolay Bekirhan	Deck Cadet	Turkish	14-Oct-98	Gurgurem	U23784584	14-Oct-23	900311368	02-Dec-25	31-Mar-21
9	Ayyun Murat	Chief Engineer	Turkish	01-Oct-77	Turkey	U23400305	07-Jul-30	900296606	07-Jul-25	05-Apr-21
10	Tulus Tambus Simanora	2nd Engineer	Indonesia	30-Apr-91	Medan	C4211828	27-Jun-24	F108516	08-Feb-23	28-May-21
11	CDK, Farhat	3rd Engineer	Turkish	05-Dec-82	Malatya	U09540918	27-Jan-24	900309224	30-Oct-25	19/05/2021
12	Tavlin Hayal	4th Engineer	Turkish	08-Jul-95	Istanbul, Turkey	U23377226	23-Jun-30	900317281	19-Feb-28	30-Mar-21
13	Sahin, Capathy	Junior Engineer	Turkish	26-Apr-85	Banliyay	U22756661	11-Dec-29	900204994	15-Dec-21	10-May-21
14	Mohd Fauzi, Mohammad Ihsan Bin	Gas Engineer - A	Malaysian	31-Jul-88	Perak	A51227194	10-Jan-24	33726	NIL	16-Jun-21
15	Sabraniaman, Dayananda Rao	SETO	Malaysian	22-Dec-74	Perak	A50415402	11-Oct-23	30326	NIL	08-Jun-21
16	Vidlov Vladyslav	JETO	Ukrainian	21-Dec-94	Ukraine	F196827	25-Feb-28	AB94915	20-Apr-22	06-Apr-21
17	Selazar, Jerson Cebalanza	Deck Filter	Filipino	23-Sep-93	Marikina	P02960468	10-Mar-30	C0910138	06-Sep-26	12-Jun-21
18	Gaston, Josefin Marras	Eng Filter	Filipino	24-Jul-71	Argao, Cebu	P36452298	25-Oct-29	C1382636	08-Nov-29	25-May-21
19	Yeloso, Erwin Bakovino	Bosun	Filipino	02-Mar-74	San Pedro City	P51169338	12-Mar-30	A007249	19-Oct-30	02-May-21
20	Canaleja, Jeffrey Cebanilla	AB - 1	Filipino	17-Nov-84	Marikina	P5454691A	26-Dec-22	C1200098	26-Dec-27	02-May-21
21	Estrada Urbano Jr., Dela Cruz	AB - 2	Filipino	12-Sep-86	Marikina	P57450218	06-Nov-30	C0956699	12-Nov-28	22-Apr-21
22	Catacutan Brian Duran	AB - 3	Filipino	06-Dec-76	Dumaguete City	P5521658A	12-Jan-28	C1206191	25-Dec-27	31-Mar-21
23	Yani, Stephan Dasalla	AB - 4	Filipino	15-Feb-75	Marikina	P3783653B	07-Nov-29	C1126137	23-Jul-27	25-May-21
24	De Asit, Yal Brian Dayo	OS-1	Filipino	17-Apr-85	Tayabas, Quezon	P0303137B	17-Jan-29	C1473788	22-Apr-28	23-Jun-21
25	Accat, Jomar Acorda	OS-2	Filipino	27-Sep-93	Erila, Capayan	P8730212A	12-Sep-28	C1396019	11-Sep-28	23-Jun-21
26	Calawito Elvir Calacar	MTM - 1	Filipino	15-Nov-90	Station Antique	P4338270B	06-Jan-30	C1503768	21-Jan-30	31-Mar-21
27	Avencio, Joel Franco	MTM - 2	Filipino	01-Jul-72	Marikina	P5625855A	12-Nov-28	A0115944	18-Nov-31	25-May-21
28	Sibong Renge Marzano	MTM - 3	Filipino	14-Dec-87	Dumaguete, Iloilo	P4176193B	10-Dec-29	C1238485	03-Dec-28	31-Mar-21
29	Sonido Mark Justin Saupan	Wiper	Filipino	22-Oct-86	Cebuano I.S. 181	P1244288B	18-Nov-30	C0850086	06-Aug-26	13-Apr-21
30	Daddy, Reynaldo Remonte	Chief Cook	Filipino	11-Jul-82	Cebuano 288	P1033725B	12-Jun-29	C0916158	14-Sep-26	25-May-21
31	Cruz Christian Ruel Expinto	2nd Cook	Filipino	07-Feb-79	Taguig MM	P4951008B	25-Feb-30	C0892373	14-Aug-26	31-Mar-21
32	Rojano, Kristoffer Capacile	Messman - 1	Filipino	11-Jan-89	Cebu City	P6705292B	25-Apr-31	A0331010	05-Mar-30	25-May-21
33	Juno, Richmond Sola	Messman - 2	Filipino	10-Sep-94	Barangay DVO CR	P0065540B	27-Dec-28	C1387286	21-Feb-29	25-May-21
34	Takhtvambashvili, Dmytro	4th Engineer	Ukrainian	05-Jul-87	Ukraine	FF023215	29-Sep-28	AB588396	02-Jun-28	28-Jun-21
35	Seké, Mehmet	3rd Officer	Turkish	08-Jun-88	Perak	U24522217	27-Apr-31	900324589	22-Apr-26	28-Jun-21
36	Gabae, Abrar Abdul Majid	2nd Officer-2	Indian	07-Sep-82	Rajahmundry, Maharashtra	Z3425283	16-Oct-25	MLM-93235	28-Sep-25	29-Jun-21

12. Date and signature by master, authorized agent or officer:

02-Jul-21

Master Sign: 

URG/FIRO TURQUIOSE P  
 FLAG: PANAMA  
 CALL SIGN: 3WWT  
 MMSI: 367300  
 IMO: 96771  
 IATA: 5875  
 ICAO: 30579 3-0

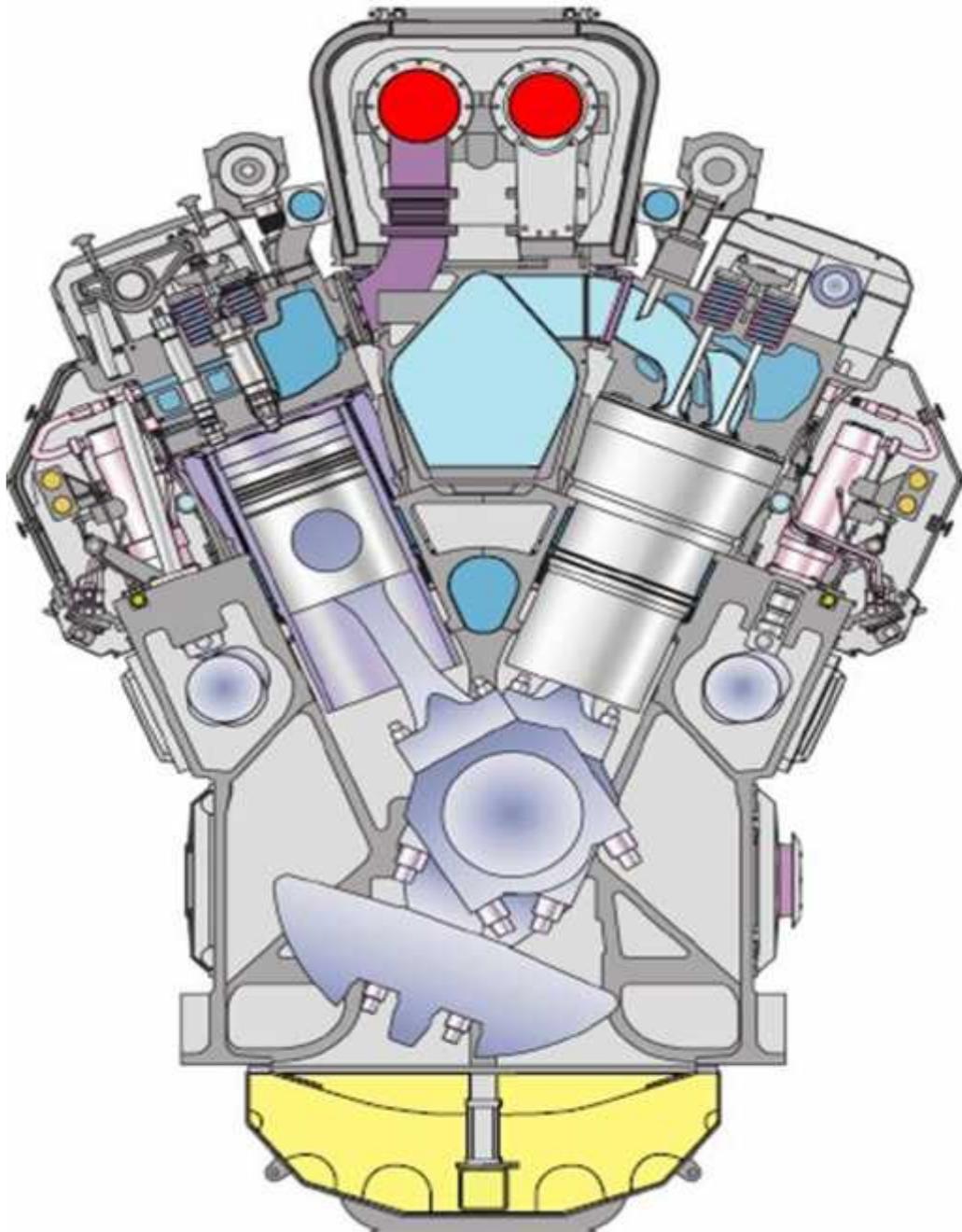
Tabel komposisi LNG.

Composition of typical LNG

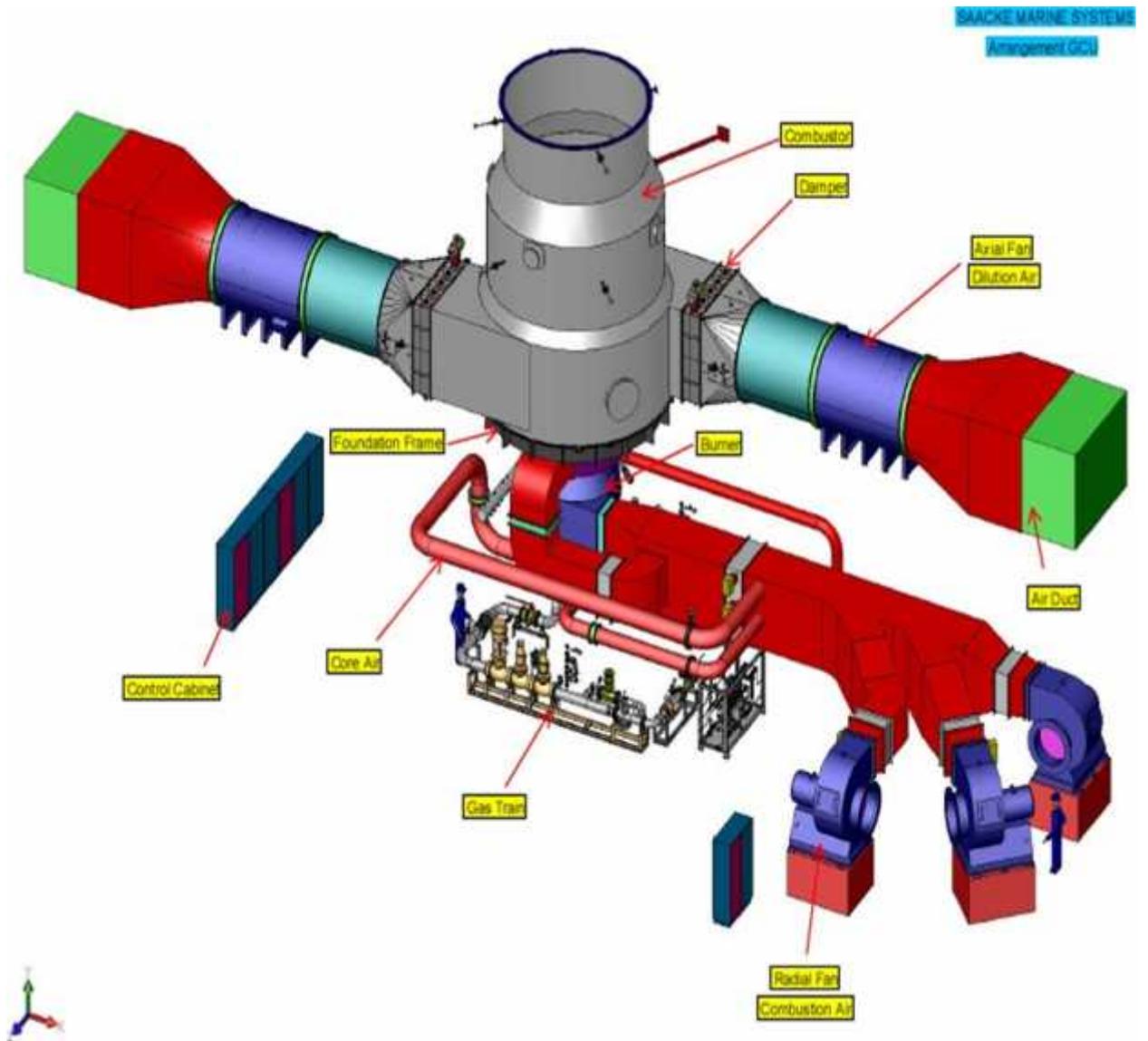
	Methane CH <sub>4</sub>	Ethane C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Propane C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Butane C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	Nitrogen N <sub>2</sub>	C5+	Density (kg/m <sup>3</sup> )
Arzew	87.4	8.6	2.4	0.05	0.35	0.02	466
Bintulu	91.23	4.3	2.95	1.4	0.12	0	457
Bonny	90.4	5.2	2.8	1.5	0.07	0.02	453
Das Is	84.83	13.39	1.34	0.28	0.17	0	465
Badak	91.09	5.51	2.48	0.88	0.03	0	N/A
Arun	89.33	7.14	2.22	1.17	0.08	0.01	N/A
Kenai	99.8	0.1	0	0.1	0.1	0	421
Lumut	89.4	6.3	2.8	1.3	0.05	0.05	463
Marsa el Brega	70	15	10	3.5	0.9	0.6	531
Point Fortin	96.2	3.26	0.42	0.07	0.008	0.01	433
Ras Laffan	90.1	6.47	2.27	0.6	0.25	0.03	457
Skikda	91.5	5.64	1.5	0.5	0.85	0.01	451
Withnell Bay	89.02	7.33	2.56	1.03	0.06	0	460

Cross-section of Wärtsilä<sup>®</sup> 50DF, V-engine

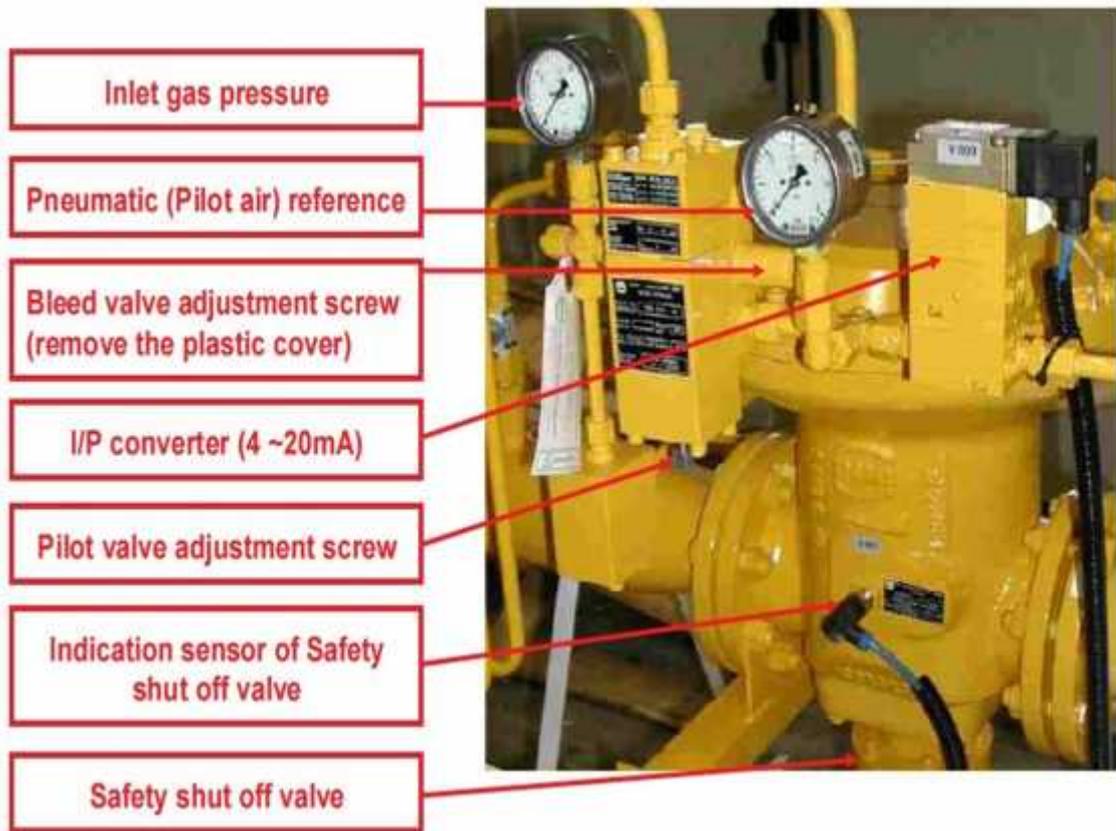
---



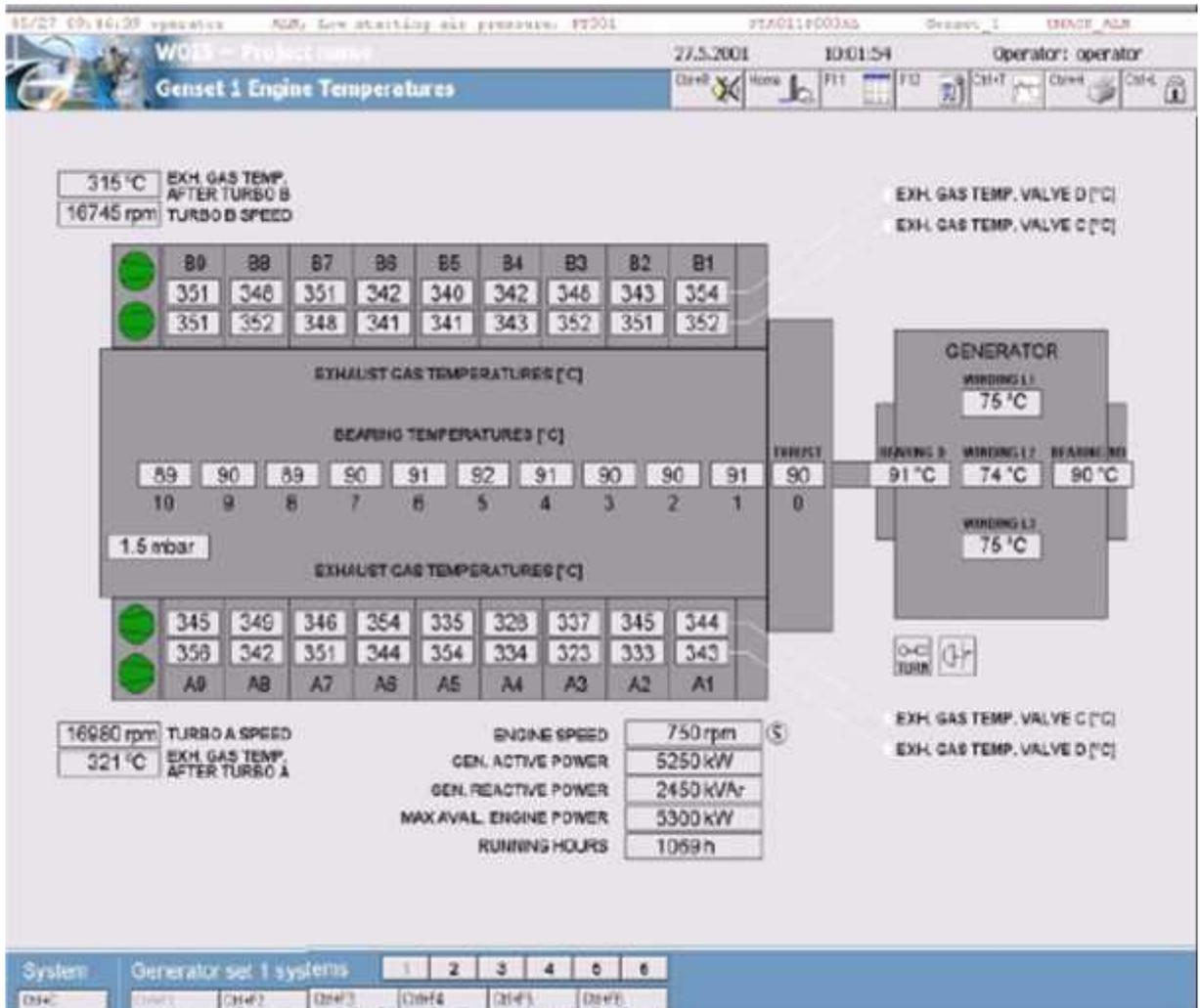
Gambar *DFDE* (*Dual Fuel Diesel Engine*)



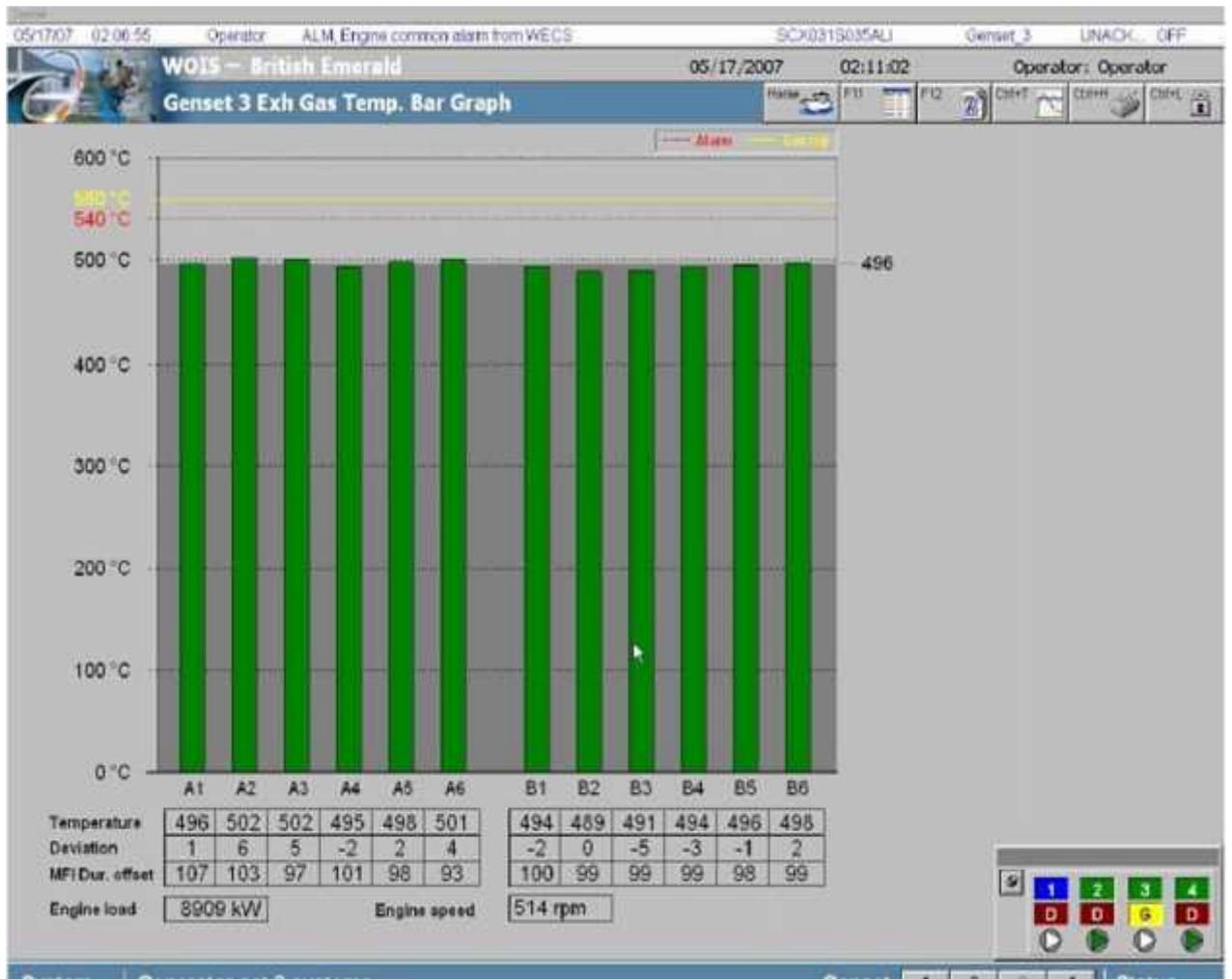
Gambar GCU (Gas Combustion Unit)



Gambar *GVU (Gas Valve Unit)*



Gambar gas buang pada MGO (Marine Gas Oil) mode



Gambar Gas buang pada gas mode

## CCM10 module

---



---

Gambar CCM (*Cylinder Control Module*)

## DAFTAR ISTILAH

*Liquified Natural Gas* : Gas yang komposisinya kurang lebih 90% methane, methane tersebut dicairkan demi memudahkan proses pemindahan dan penyimpanan di atas kapal.

*Evaporasi* : Evaporasi adalah suatu proses perubahan bentuk suatu zat dari bentuk cairnya ke bentuk gasnya.

*Vapour Gas* : Vapor gas adalah suatu hasil dari proses evaporasi muatan LNG yang komposisi utamanya adalah methane. Vapour gas tersebut akan dibakar di G.C.U atau di D.F.D.E. Sehingga tekanan berlebih pada tangki muatan dapat dihindari, dan juga demi menunjang efisiensi bahan bakar di atas kapal.

*Methane (CH<sub>4</sub>)* : Methane adalah suatu jenis gas hidrokarbon yang merupakan kandungan utama dalam vapour gas, sifatnya tidak berbau dan tidak beracun. Methane merupakan bahan bakar alternatif terbaik saat ini karena dapat menghasilkan energi panas lebih besar dari gas hidrokarbon lainnya. Selain itu methane lebih ramah lingkungan jika dibandingkan dengan bahan bakar minyak karena kadar karbon dioksida yang dikandung dalam gas buang jumlahnya lebih sedikit daripada bahan bakar minyak.

*(GCU)* : *Gas Combustion Unit (G.C.U)* Merupakan suatu permesinan yang berfungsi untuk membakar vapour gas yang tidak terpakai sebagai bahan bakar di generator induk. Tujuan dari G.C.U adalah menghindari tekanan berlebih terjadi di dalam tangki muatan

*Low Duty Compressor*: Suatu permesinan yang berfungsi untuk menekan dan menyediakan vapour gas yang akan digunakan pada generator induk maupun dibakar secara percuma di G.C.U. L.D compressor memiliki 2 tipe kecepatan yaitu High mode dan Low mode. Pada saat berpindah ketipe high mode. Suhu pemasukan dari gas methane harus  $-130^{\circ}\text{C}$

*Pre-Cooler* : Merupakan suatu permesinan yang berfungsi untuk menurunkan suhu dari vapour gas sebelum memasuki L.D compressor. Dengan cara menggunakan medium L.N.G itu sendiri.

*Gas Heater* : Merupakan suatu permesinan yang digunakan untuk memanaskan vapour gas pada saat suhunya terlalu rendah. Dengan menggunakan medium uap bertekanan 1 Mpa, gas heater akan memanaskan vapor gas yang akan menuju area kamar mesin, sehingga kerusakan structural pada permesinan dapat dihindari

*Gas Valve Unit Room* : Merupakan suatu ruangan sistem katup yang ditempatkan sebelum permesinan yang akan menggunakan vapour gas sebagai bahanbakarnya. Di ruangan ini, tekanan dan suhu dari vapour gas

tersebut akan diatur sedemikian rupa sesuai dengan kriteria mesin yang menggunakan vapor gas sebagai bahan bakarnya

*D.F.D.E* : *Dual Fuel Diesel Electric (DFDE)* atau generator induk merupakan suatu permesinan yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik di atas kapal. Energi listrik tersebut akan digunakan sebagai sumber tenaga untuk akomodasi dan juga sistem penggerak utama kapal. D.F.D.E dapat menggunakan dua tipe bahan bakar yaitu Marine Gas Oil sebagai bahan bakar pilot, dan juga vapour gas sebagai bahan bakar utamanya

*G.A.V* : Gas Admission Valve adalah suatu katup yang berfungsi untuk mengatur jumlah pemasukan vapour gas pada tiap silinder generator induk. Gas admission valve dikendalikan oleh suatu sistem komputerisasi yang dilokasikan di sisi-sisi generator induk



**PENGAJUAN SINOPSIS MAKALAH**

NAMA : Tulus Tombus Simamora  
NIS : 02034/T-I  
BIDANG KEAHLIAN : TEKNIKA  
PROGRAM DIKLAT : DIKLAT PELAUT- I

**Mengajukan Sinopsis Makalah sebagai berikut**

**A. Judul**

OPTIMALISASI BAHAN BAKAR GAS METHANE GUNA MENUNJANG OERASIONAL  
GENERATOR INDUK PADA FLOATING STORAGE REGASIFICATION UNIT TURQUOISE

**B. Masalah Pokok**

1. Tingginya suhu gas buang pada saat generator induk menggunakan bahan bakar gas methane.
2. Rendahnya suhu dan tekanan bahan bakar gas methane pada area kamar mesin.

**C. Pendekatan Pemecahan Masalah**

1. Penggantian bagian-bagian Gas Admission Valve ataupun unit Gas Admission Valve.
2. Melakukan pengontrolan tekanan gas masuk pada Gas Combustion Unit.
3. Penggantian elektronik modul pada system otomatisasi Cylinder Control Module.
4. Melakukan pengendalian Low Duty Compressor untuk memperbesar kapasitas penyuplaian bahan bakar gas methane.

Menyetujui:

Jakarta, Oktober 2023

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Penulis

**Moh. Ridwan, MM**

Penata (III/c)

NIP. 19780707 200912 1 005

**Capt. Suhartini, MM., M.M.Tr**

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 19800307 200502 2 002

**Tulus Simamora**

NIS: 02034/T-I

Ka. Div Pengembangan Usaha

**Capt. Suhartini, MM., M.M.Tr**

Penata TK. I (III/d)

NIP. 19800307 200502 2 002

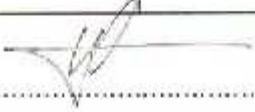
**SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**  
**DIVISI PENGEMBANGAN USAHA**  
**PROGRAM DIKLAT PELAUT - I**

Judul Makalah : Optimalisasi Bahan Bakar Gas Methane Guna Menunjang  
Operasional Generator Induk Pada Floating Storage  
Regasification Unit Turquise

Dosen Pembimbing I: **Moh. Ridwan, MM**

Bimbingan I:

No.	Tanggal	Uraian	Tanda Tangan Pembimbing
1	5 Okt. 23	Pengajuan Sinopsis	
2	8 Okt. 23	Pengajuan BAB I & BAB II	
3	12 Okt. 23	Revisi dan Perbaikan	
4	16 Okt 23	Pengajuan BAB III & BAB IV	
5	29 Okt 23	Persejutan Makalah	

Catatan : Makalah siap di.Sidang kan 

.....

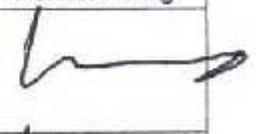
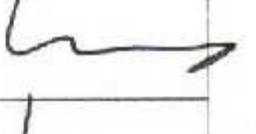
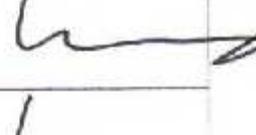
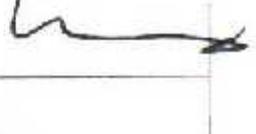
.....

**SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**  
**DIVISI PENGEMBANGAN USAHA**  
**PROGRAM DIKLAT PELAUT - I**

Judul Makalah : Optimalisasi Bahan Bakar Gas Methane Guna Menunjang  
Operasional Generator Induk Pada Floating Storage  
Regasification Unit Turquoise

Dosen Pembimbing II: Capt. Suhartini, M.M., M.M.Tr

Bimbingan II :

No.	Tanggal	Uraian	Tanda Tangan Pembimbing
1	8 okt. 23	pengajuan sinopsis	
2	9 okt. 23	pengajuan Bab I	
3	11 okt. 23	pengajuan Bab 4	
4	12 okt 23	pengajuan Bab 4	
5	16 okt. 23	pengajuan Bab 5	
6	18 okt 23	revisi dan perbaikan	
7		untuk save dan kesimpulan.	

Catatan : see untuk di sidang