

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADANPENGEMBANGANSDMPERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



MAKALAH

**OPTIMALISASI SISTEM CONTROL
BOIL OFF GAS DALAM PEMANFAATAN
BAHAN BAKAR KETEL UAP INDUK
DI ATAS KAPAL LNG JUROJIN**

Oleh:

DJAMALLUDIN MALIK

NIS. 02093/T-1

,-

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT-I
JAKARTA
2024**

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADANPENGEMBANGANSDMPERHUBUNGAN
SEK OLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



**OPTIMALISASI SISTEM CONTROL
BOIL OFF GAS DALAM PEMANFAATAN
BAHAN BAKAR KETEL UAP INDUK
DI KAPAL LNG JUROJIN**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Untuk Penyelesaian Program ATT-1**

Oleh:

DJAMALLUDIN MALIK
NIS.02093 / T - 1

PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT-1

JAKARTA
2024

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



TANDA PERSETUJUAN MAKALAH

Nama : DJAMALLUDIN MALIK
Nomor Induk Siswa : 02093/T-I
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT-I
Program Studi : TEKNIKA
Judul : OPTIMALISASI SISTEM *CONTROL BOIL OFF GAS*
DALAM PEMANFAATAN BAHAN BAKAR KETEL
UAP INDUK DI KAPAL LNG JUROJIN

Jakarta, 29 Mei 2024

Pembimbing I

Dr. Markus Yando, S.SiT.MM
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19800605 200812 1 001

Pembimbing II

Ronald Simanjuntak, M.T.
Pembina IV/a
NIP. 19750616 200604 1 001

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknika**

Dr. Markus Yando, S.SiT.MM
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19800605 200812 1 001

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDMPERHUB
UNGAN SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



TANDA PENGESAHAN MAKALAH

Nama	DJAMALLUDIN MALIK
No.Induk Siswa	02093 / T-I
Program Pendidikan	ATI-I
Jurusan	TEKNIKA
Judul	OPTIMALISASI SISTEM CONTROL BOIL OFF GAS DALAM PEMANFAATAN BAHAN BAKAR KETEL UAP INDUK DI KAPAL LNG JUROJIN

Penguji I

Moh. Ridwan, S.SI.T.,M.M.

Penata Tk.I (III/c)

NIP. 19780707 200912 1 005

Penguji II

Tri Budi Prasetya, S.Si.T.,M.M.

Penata Tk.I (III/d)

NIP. 19801124 200812 1 001

Penguji III

Dr. Markus Yando, S.Si.T.,M.M.

Penata Tk.I (III/d)

NIP. 19800605 200812 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknika

Dr. Markus Yando, S.SI.T.,M.M.

Penata Tk.I (III/d)

NIP. 19800605 200812 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah S.W.T. yang telah memberikan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan makalah ini sesuai dengan waktu yang telah ditentukan dengan judul:

OPTIMALISASI SISTEM *CONTROL BOIL OFF GAS* DALAM PEMANFAATAN BARAN BAKAR KETEL UAP INDUK DIATAS KAPAL LNG JUROJIN

Makalah ini disusun dan diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan yang wajib dilaksanakan oleh setiap perwira siswa dalam menyelesaikan pendidikan di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta pada jenjang terakhir pendidikan pelaut Jurusan Teknika.

Penulis menyadari bahwa didalam makalah ini masih banyak sekali kekurangannya dan jauh dari sempurna, baik dari segi materi maupun dari teknik penulisannya. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan masukan atau kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak agar tercipta hasil karya yang lebih baik lagi dimasa mendatang.

Dengan terbatasnya waktu pembelajaran materi, penulis tetap berharap bahwa makalah ini dapat menjadi sumbangan ilmu pengetahuan tentang manajemen perawatan berencana dan besar harapan penulis agar sekiranya makalah ini bisa mendukung program STIP dalam rangka meningkatkan mutu pendidikan.

Demi sempumanya makalah ini, penulis menyadari begitu banyak bimbingan dan bantuan secara langsung maupun tidak langsung dari semua pihak yang turut ambil bagian dalam penulisan, sehingga penulis dapat menyelesaikannya dengan baik. Untuk itu, secara khusus dan dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada Yth.:

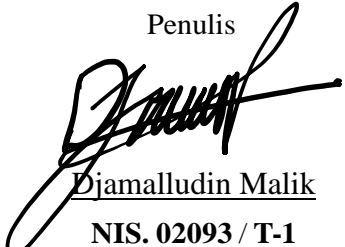
1. Dr. Capt. Tri Cahyadi, M.h., M.Mar., selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.
2. Capt. Suhartini, S.Sit.m M.M., M.MTr, selaku Kepala Divisi Pengembangan Usaha Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.

3. Dr. Markus Yando, S.SiT.,M.M., selaku Ketua Jurusan Teknik Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.
4. Dr. Markus Yando, S.SiT.,M.M., selaku Dosen Pembimbing materi yang telah membimbing dan mengarahkan dalam pembuatan makalah ini.
5. Bapak Ronald Simanjuntak, M.T., selaku Dosen Pembimbing penulisan yang banyak memberikan bantuan dalam penyempurnaan penulisan makalah ini.
6. Seluruh staff pengajar, dosen, penguji dan instruktur program DIKLAT PELAUT ATT-I Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.
7. Ibu Hj. Uum Maryam dan H. Ade N. Nuryana, selaku orang tua saya yang selalu mensupport dan mendoakan disetiap langkah saya.
8. Rekan-rekan sesama peserta program DIKLAT PELAUT TINGKAT - I (ATT-I Angkatan LXX) Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta Tahun 2024, yang senantiasa memberikan masukan selama penulis menjalani pendidikan.
9. Seluruh rekan-rekan yang ada di kapal LNG JUROJIN dan perusahaan PT. MCSI / MOL yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuannya sehingga penulisan makalah ini dapat berjalan dengan lancar hingga selesai.

Penulis berharap semoga makalah ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan para pembaca pada umumnya, terutama dari kalangan akademis Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta. Serta semua pihak yang telah membantu mendapat rahmat, taufik dan berkah dari Allah S.W.T. Amin.

Jakarta, Juni 2024

Penulis



Djamalludin Malik
NIS. 02093 / T-1

DAFTAR ISI

	Ha I
HALAMAN JUDUL	
TANDA PERSETUJUAN MAKALAH	11
TANDA PENGESAHAN MAKALAH	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
 BAB I PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	
B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH	3
C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	3
D. METODE PENELITIAN ..	4
E. WAK.TU DAN TEMPAT PENELITIAN	6
F. SISTEMATIKAPENULISAN	7
 BAB II LANDASAN TEORI	8
A. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
B. KERANGKA PEMIKIRAN	19
 BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN	21
A. DESKRIPSI DATA	21
B. ANALISIS DATA	25
C. PEMECAH MASALAH	28
 BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	34
A. KESIMPULAN	34
B. SARAN	35
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Tingginya tingkat polusi di udara akibat pembakaran bahan bakar fosil telah merubah pandangan masyarakat untuk mulai beralih menggunakan sumber bahan bakar alternative. Salah satu bahan bakar alternatif yang digunakan adalah gas alam. Penggunaan bahan bakar ramah lingkungan (gas alam) pun telah ramai digunakan baik untuk industri, rumah tangga, perkapalan maupun pembangkit listrik.

Liquefield Natural Gas (LNG) merupakan gas alam yang telah dirubah menjadi cairan pada tekanan atmosfer dengan mendinginkannya sekitar suhu $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$. Perbandingan antara gas alam yang belum dicairkan dengan LNG adalah 1 berbanding 600, artinya 1 m^3 LNG sama dengan 600 m^3 gas alam yang belum dicairkan sehingga membuatnya lebih hemat dan efisien untuk pengangkutan jarak jauh dimana jalur pipa tidak tersedia LNG terdiri dari gabungan dari beberapa jenis gas alam seperti metana (CH_4), Etana (C_2H_4), Propana (C_3H_8), dan seterusnya.

Selama pengangkutan dikapal dari pelabuhan muat kepelabuhan bongkar, ataupun sebaliknya, gas alam cair yang ada dalam tangki muatan akan mengalami penguapan atau evaporasi secara alamiah karena faktor alam dan cuaca, uap dari muatan ini disebut *Natural Boil Of Gas* (NBOG), NBOG tersebut lalu digunakan sebagai bahan bakar untuk ketel uap utama melalui mesin pendukung serta peralatan-peralatan khusus.

LNG JUROJIN adalah kapal tanker LNG berbendera Bahama yang dioperasikan oleh MOL (Mitsui OSK Line) dan di charter oleh TG (Tokyo Gas) Corporation. Kapal LNG ini menggunakan turbin uap sebagai mesin penggerak Utama.

Turbin uap ini memanfaatkan uap dari hasil proses penguapan pada dua buah ketel uap induk. Ketel uap induk ini dirancang untuk dapat menggunakan gas metana sebagai bahan bakar utama. Dengan penggunaan gas metana sebagai bahan bakar utama efisiensi dan nilai pembakaran ketel uap dapat meningkat serta kadar NOx pada gas buang dari ketel uap berkurang.

Pada saat kapal dalam pelayaran dengan kecepatan penuh maka ketel uap induk akan mempunyai beban tinggi dan jika *gas trip* terjadi maka ketel uap induk akan secara otomatis beralih ke bahan bakar LSMGO. Secara langsung hal tersebut dapat berakibat pemakaian bahan bakar LSMGO meningkat serta sulitnya mengontrol tekanan dan kondisi tangki muatan bahkan kondisi muatan karena perubahan dari jenis pemakaian bahan bakar pada ketel uap tersebut. Untuk mengembalikan ketel uap induk kembali kepada posisi pembakaran gas diperlukan waktu yang cukup lama karena beban turbin uap utama harus diturunkan terlebih dahulu. Hal ini juga berdampak kepada operasional kapal karena kecepatan kapal harus diturunkan untuk mengurangi beban ketel uap induk.

Pemakaian LSMGO yang berlebihan dapat merugikan banyak pihak, diantaranya pemilik kapal, pihak pencarter maupun lingkungan. Perbandingan pemakaian LSMGO pada saat ketel uap induk dalam posisi pembakaran gas dan posisi pembakaran LSMGO sangat besar. Sebagai bukti faktanya yaitu, sesuai dengan data buku jurnal harian kamar mesin, gas trip terjadi pada ketel uap utama ketika kapal dalam pelayaran menuju Higashi ohgishima, Jepang pada tanggal 20 Oktober 2021 sekitar pukul 20:00 LT. Alarm *unman system* (UMS) aktif terlihat pada monitor *gas temperature low* dan *gas pressure low* yang mengakibatkan *Gas trip* pada ketel uap induk yang terjadi selama 4 jam sampai ketel uap induk dapat kembali pada posisi pembakaran gas. Penggunaan bahan bakar gas alam secara optimal dan efisien sangat penting dalam pengoperasian kapal LNG JUROJIN.

Atas dasar tersebut dalam penulisan makalah ini, penulis mengambil judul:

"OPTIMALISASI *SISTEM CONTROLBOIL OFF GAS* DALAM PEMANFAATAN
BAHAN BAKAR KETEL UAP INDUK DI KAPAL LNG JUROJIN "

B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH

1. Identifikasi Masalah

Dari latar belakang yang penulis uraikan maka ditemukan permasalahan utama yaitu terjadinya *gas trip* pada ketel uap induk.

Kemungkinan yang dapat menyebabkan *gas trip* pada ketel uap induk diantaranya:

- a. Rendahnya tekanan gas metana yang masuk ke dalam ketel uap induk.
- b. Rendahnya suhu gas metana yang masuk ke dalam ketel uap induk.

2. Batasan Masalah

Berdasarkan keadaan diatas kapal LNG JUROJIN pada saat penulis bertugas maka penulis hanya membatasi masalah penyebab terjadinya *gas trip* yang diakibatkan oleh:

- a. Rendahnya tekanan gas metana yang masuk ke dalam ketel uap.
- b. Rendahnya suhu gas metana yang masuk ke dalam ketel uap.

3. Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah diatas maka dapat dirumuskan bahwa:

- a. Mengapa tekanan gas metana yang masuk ke dalam ketel uap induk terlalu rendah?
- b. Mengapa suhu gas metana yang masuk ke dalam ketel uap induk terlalu rendah?

C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Dengan mengangkat permasalahan terjadinya *gas trip* pada ketel uap induk diatas kapal LNG Jurojin yang lebih pokok pada rendahnya tekanan dan suhu gas metana yang masuk ke dalam ketel uap induk, maka besar harapan penulis dalam hal ini dapat memberikan masukan - masukan dan pengetahuan tambahan bagi penulis

khususnya dan para masinis lain pada umumnya. Yang mana tujuan dan manfaat makalah ini dapat penulis urutkan sebagai berikut:

1. Tujuan Penelitian

- a. Untuk mengetahui dan menganalisa mengapa terlalu rendahnya tekanan gas metana yang masuk ke dalam ketel uap utama bisa terjadi dan menemukan solusi untuk mengatasinya.
- b. Untuk mengetahui dan menganalisa mengapa terlalu rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk bisa terjadi dan menemukan solusi untuk mengatasinya.

2. Manfaat Penelitian

- a. Dari segi teoritis dapat kita ambil manfaat berdasarkan hasil penelitian yaitu sumber ilmu pengetahuan dalam mengatasi *gas trip* pada ketel uap induk.
- b. Dari segi praktis kita dapat mengambil manfaat sebagai sumbangan pemikiran kepada para masinis atau operator diatas kapal LNG khususnya LNG JUROJIN dalam menghadapi permasalahan terjadinya *gas trip* pada ketel uap induk.

D. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan penulis pada penyusunan makalah ini adalah menggunakan metode penelitian deskriptif kualitatif, dimana penulis mencoba menyampaikan pengalaman yang dialami penulis ketika mengalami permasalahan *gas trip* pada ketel uap induk selama penuli bekerja di atas kapal LNG JUROJIN.

1. Metode Pendekatan

Metode pendekatan dilakukan dengan metode studi kasus, yaitu mempelajari kasus *gas trip* yang terjadi pada tanggal 20 Oktober 2021 sesuai dengan pengalaman penulis secara langsung pada saat penulis bekerja sebagai Masinis muatan (Cargo/ Gas Engineer) di kapal LNG JUROJIN.

2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan faktor penting dalam keberhasilan suatu penelitian. Hal ini berkaitan dengan bagaimana cara pengumpulan data, sumber dan alat yang digunakan. Jenis sumber data mengenai data yang diperoleh, apakah diperoleh dari sumber langsung (data primer) atau data diperoleh dari sumber tidak langsung (data sekunder). Untuk itu penulis mendapatkan informasi melalui:

a. Observasi

Pengumpulan data yang dilakukan dengan cara pengamatan secara langsung sewaktu gas trip terjadi di kapal LNG JUROJIN. Pengamatan langsung pada objek yang akan diamati sehingga pengumpulan data dilakukan dengan melibatkan diri dalam kegiatan kerja pengamatan dari sisi *Low duty compressor* dan *Low duty Heater* yang mengalami permasalahan serta mempelajari buku manual dari kedua mesin tersebut sehingga penulis mendapatkan suatu petunjuk tentang jenis-jenis permasalahan dan cara penyelesaiannya.

b. Wawancara

Wawancara merupakan teknik dalam pengumpulan data yang dilakukan melalui tatap muka dan tanya jawab secara langsung antara penulis terhadap narasumber atau sumber data. Oleh karena itu kami mengambil narasumber atau sumber data kepada pihak yang lebih berpengalaman yaitu kepala kerja kamar mesin (*First Engineer*) menanyakan tentang jenis-jenis permasalahan yang ada serta gejala-gejala yang terjadi pada permesinan tersebut dan tentunya dapat membantu untuk mengatasi permasalahan tersebut.

c. Dokumentasi

Studi dokumentasi merupakan teknik pengumpulan data dengan menghimpun dan menganalisis dokumen-dokumen, baik dokumen tertulis, gambar, maupun elektronik. Dokumen yang telah diperoleh kemudian dianalisis, dibandingkan dan dipadukan membentuk hal kajian yang sistematis.

d. Studi pustaka

Studi pustaka merupakan teknik pengumpulan data melalui teks-teks tertulis maupun edisi *soft copy* seperti buku, artikel-artikel dalam sebuah majalah, surat kabar, bulletin, jurnal, laporan, atau arsip organisasi, masalah publikasi pemerintah, dll. Pengumpulan data melalui studi pustaka merupakan wujud bahwa telah banyak laporan penelitian dituliskan dalam bentuk: buku, jurnal, publikasi, dll.

3. Subjek Penelitian.

Subjek penelitian informasi tentang subjek yang menjadi fokus penelitian. *Gas trip* adalah sebuah kondisi yang terjadi pada ketel uap induk. Oleh karena itu maka subjek penelitian difokuskan kepada penyebab *gas trip* pada ketel uap induk di kapal LNG JUROJIN.

4. Teknik Analisis Data.

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian adalah deskriptif kualitatif, yaitu menjelaskan dengan tentang permasalahan yang terjadi dan mencari solusi dari permasalahan tersebut.

E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN.

1. Waktu Penelitian

Penelitian serta pengamatan yang dilakukan secara langsung yang terkait dengan masalah yang diangkat dalam penulisan makalah ini dilakukan pada saat bekerja diatas kapal LNG JUROJIN dari tanggal 20 Agustus 2021 hingga 28 Januari 2022.

2. Tempat Penelitian

Tempat penelitian yaitu pada saat penulis bekerja diatas kapal LNG JUROJIN ketika berada di laut China.

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan bertujuan menuntun penulis untuk mengangkat dan menyajikan suatu masalah kedalam makalah sehingga dapat terurai dengan jelas dan mudah dipahami. Berdasarkan pada pedoman penulisan makalah diklat pelaut tingkat 1 (satu) maka dapat penulis jabarkan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini penulis mengemukakan tentang beberapa alasan yang melatar belakangi penulisan, disertai dengan tujuan, manfaat, dan pembatasan identifikasi yang disajikan, teknik pengumpulan data dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Menerangkan landasan teori yang didukung dari beberapa tinjauan pustaka dan masalah yang diambil kemudian disusun dengan kerangka pemikirannya.

Teori yang berhubungan dengan sistem *boil off gass* ketel uap induk dalam hal ini Low duty compressor dan Low duty heater sebagai permesinan pendukung.

BAB III ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menguraikan analisa-analisa yang telah diidentifikasi pada BAB II yaitu mengenai fakta dan permasalahannya. Dalam penulisan ini analisa dan pemecahan permasalahannya akan ditulis dengan menggunakan metode diskriptif kualitatif dan akan dibahas secara tuntas penyebab utamanya. Dalam pembahasannya, teknik yang akan digunakan adalah teknik operasional dan teknik manejerial.

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini penulis akan menyimpulkan permasalahan serta memberikan saran-saran berdasarkan pada analisa dan penemuan-penemuan yang penulis temui pada saat bekerja di atas kapal serta pemecahan masalah seperti yang telah dibahas.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

1. *Liquefied Natural Gas (LNG)*

LNG adalah singkatan dari *Liquefied Natural Gas* yaitu gas alam yang dicairkan. Ketika natural gas didinginkan mencapai kurang lebih -163°C dibawah tekanan atmosfer, gas tersebut akan mengembun menjadi cairan antara satu berbanding enam 1 ratus gas dalam volume. Berat dari cairan transparan yang tidak berwarna ini berkisar antara satu setengah kali air dengan volume yang sama. (*T-NG Cargo Operation Manual by NKK Corporation, 2-1*) LNG mempunyai komposisi kimia terbanyak adalah Methane, lalu sedikit Ethane, Propane, Butane dan sedikit sekali Pentane dan Nitrogen, kompresi volume yang cukup besar ini memungkinkan transportasi gas dalam bentuk cair untuk jarak jauh dengan biaya yang lebih efisien dan dapat ditransportasi oleh kendaraan LNG. *Liquefied Natural Gas (LNG)* merupakan muatan yang mempunyai tingkat bahaya yang cukup tinggi dan untuk itu sarana pengangkutnya dirancang sedemikian rupa sehingga tangki-tangki muatannya dapat menampung muatan LNG tersebut pada suhu dan tekanan yang telah ditentukan dan dapat mempertahankan suhu dan tekanan tersebut sampai ditempat tujuan dengan aman. Untuk maksud tersebut maka kapal-kapal pengangkut LNG dilengkapi dengan sistem pengaman yang benar-benar baik, sesuai dengan sifat-sifat muatan LNG.

LNG mempunyai suhu yang sangat rendah, berat jenisnya kurang dari / lebih kecil dari berat jenis air menyebabkan upaya melayang dan menghilang di udara dan pada LNG *vapor (boil of gas)* yang suhunya masih sangat dingin dan lebih berat

dari pada udara sehingga pada saat berada diudara cenderung untuk tinggal tetap mengapung dipermukaan tanah / air dalam beberapa saat dan pada suhu - 38°C uapnya akan lebih ringan dari pada udara. Pada suhu penguapannya, LNG sangat cepat menguap dan berkembang sampai 618 kali volume cairannya. LNG bila dibakar mempunyai nilai panas yang lebih besar dari *fuel oil*, sisa hasil pembakarannya bersih dalam arti tidak menimbulkan polusi udara.

Sifat LNG tidak beracun (*non toxic*), tidak berbau (*odorless*) dan tidak menimbulkan karat (*non corrosive*), tidak mudah terbakar/meledak (*non combustible*), tidak menghasilkan banyak polutan berbahaya (hanya sedikit CO₂, NO_x, dan SO_x) sehingga ramah lingkungan. LNG tidak mudah terbakar LNG baru akan mudah terbakar jika dalam fase gas atau uapnya (*vapour*), jika persentase uap LNG kurang dari 5%, maka tidak mudah terbakar (*non flammable*) dan begitu pula jika kurang dari 15% termasuk *non flammable* karena terlalu banyak gas di udara sehingga kurang oksigen untuk membuatnya terbakar.

2. Boil Off Gas (BOG)

Menurut *Cargo Handling Manual* (buku panduan muatan) *Boil off gas* (BOG) adalah emisi gas metan dari *Liquefied natura gas* (LNG) akibat panas udara dan perubahan tekanan barometrik. *Boil off gas* terjadi karena proses pengiriman *Liquefied Natural Gas* (LNG), akibat udara yang panas membuat LNG pada kargo kapal LNG *carrier* mengalami penguapan karena panas maka terciptalah *Boil off gas* (BOG). Jumlah maksimum untuk uap / penguapan yang timbul pada umumnya sekitar 0,15% volume kargo per hari. *Boil off gass* ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar utama ketel uap induk, dengan menggunakan *Boil of gass* ini dapat mengurangi penggunaan bahan bakar LSMGO. Sistem *boil off gass* memiliki peranan yang sangat penting akan kelancaran operasional suatu kapal LNG.

Selama pemakaian *boil off gas* harus selalu diperhatikan tekanan dan suhunya baik saat kapal bermuatan maupun tidak bermuatan. Hal ini untuk menjaga supaya tidak terjadi tekanan lebih pada ketel uap maupun pada ruang muat, disamping itu juga untuk menjaga suhu ruang muat agar selalu berada pada suhu yang ditentukan. Untuk menunjang tercapainya proses pelaksanaan pembongkaran maupun

pemuatan maka penanganan *boil off gas* di atas kapal-kapal pengangkut LNG harus diperhatikan secara baik dan demikian halnya selama kapal dalam pelayaran baik itu dari pelabuhan muat menuju ke pelabuhan bongkar maupun sebaliknya dari pelabuhan bongkar menuju ke pelabuhan muat. Dalam hal ini penanganan *boil off gas* yang tepat akan memegang peranan penting terhadap lancarnya pengoperasian kapal LNG.

Dalam pelayarannya LNG yang berada dalam tangki akan menguap, karena sifat dari muatan itu sendiri, selain dari itu juga disebabkan oleh pengaruh suhu udara luar, cuaca dan olengan kapal. Walaupun tangki - tangki muatan itu telah dilindungi oleh lapisan insulasi, akan tetapi masih ada panas yang menembus lapisan insulasi tersebut dan kemudian akan memanasi kulit tangki muatan yang selanjutnya memanasi muatan yang ada didalam tangki.

Berdasarkan pada identifikasi masalah maka telah ditentukan bahwa yang menjadi masalah pokok adalah terjadinya *gas trip* pada system *Boil off Gas* ketel uap induk, hal ini menyebabkan ketel uap induk berhenti menggunakan gas metana sebagai sumber bahan bakar dan pemakaian *Low Sulphur Marine Gas Oil* meningkat. Sebagai dasar untuk pembahasan masalah dalam makalah ini penulis menggunakan buku pedoman yang berada di atas kapal dan beberapa literature yang penulis peroleh dari buku-buku dan modul-modul yang berkaitan dengan system *Boil Off Gas* ketel uap induk di kapal LNG JUROJIN. Diharapkan para pembaca dari makalah ini dapat memahami teori-teori dasar yang sudah digunakan oleh peneliti-peneliti terdahulu sebagai pemahaman dasar penjelasan masalah yang akan dijelaskan.

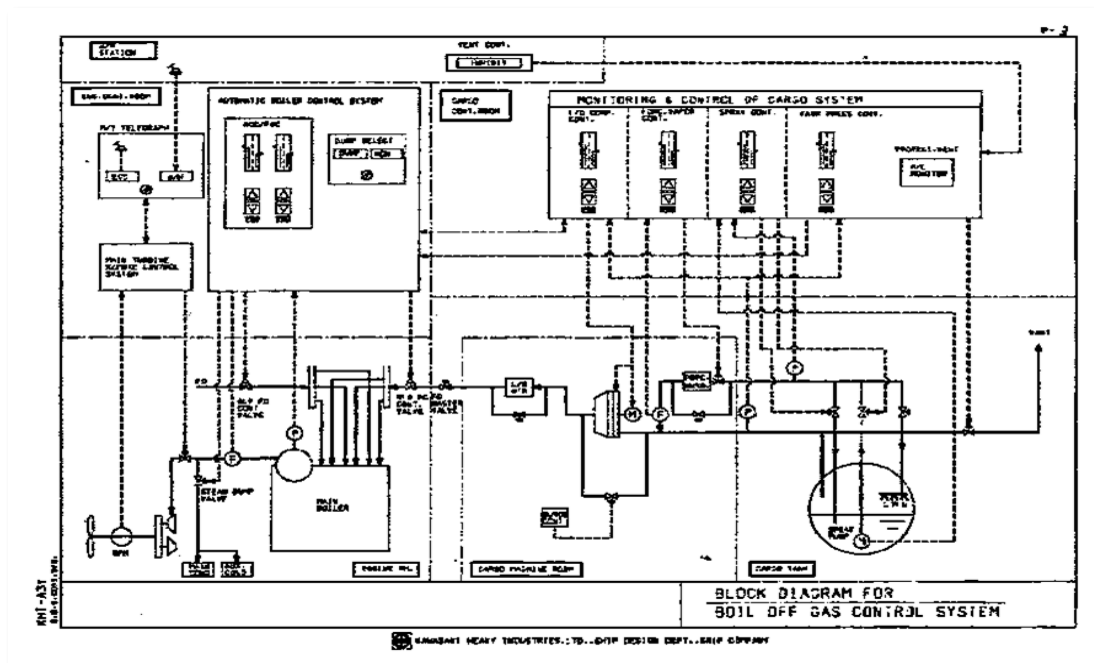
3. Optimalisasi

Optimalisasi berasal dari kata dasar optimal yang berarti yang terbaik, jadi optimalisasi adalah proses pencapaian suatu pekerjaan dengan hasil dan keuntungan yang besar tanpa harus mengurangi mutu dan kualitas dari suatu pekerjaan. Pengertian Optimalisasi menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (Depdikbud, 1995:628) adalah optimalisasi berasal dari kata optimal yang berarti terbaik, tertinggi. Jadi optimalisasi adalah suatu proses meningkatkan atau meningkatkan.

Berdasarkan pengertian diatas penulis menyimpulkan pengertian optimalisasi adalah suatu proses yang dilakukan dengan cara terbaik dalam suatu pekerjaan untuk mendapatkan keuntungan tanpa mengurangi kualitas pekerjaan. Pengertian optimalisasi berbeda-beda tergantung konteks dimana kata tersebut dibicarakan, baik dari segi matematis ataupun dari segi ilmu komputer.

4. Sistem *Boil Off Gas* kapal LNG JUROJIN.

Sistem *Boil off Gas* merupakan subjek dari penelitian. Pada sub-bab ini akan dibahas mengenai teori-teori dasar dari Sistem *Boil Off Gas* mengenai sistem , permesinan pendukung, serta kontrol otomatisasi. Desain sistem *Boil Off Gas* kapal LNG JUROJIN.



Gambar 2.1 Sistem *Boil Off Gas* LNG JUROJIN

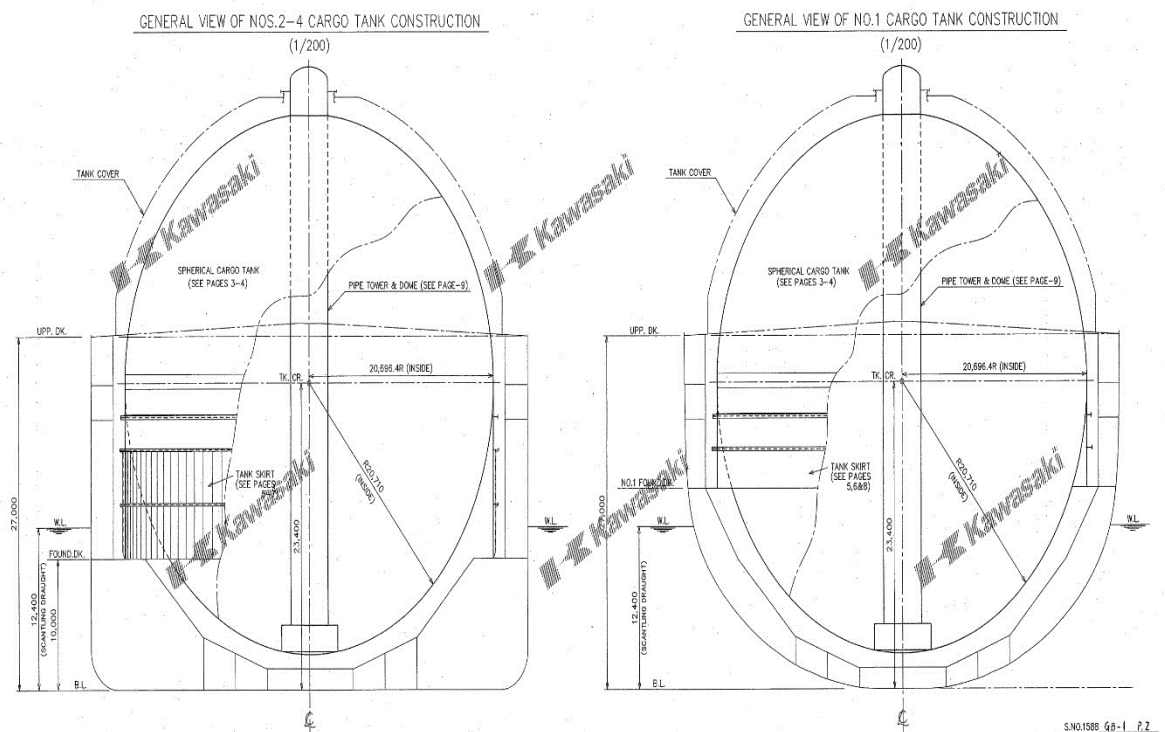
Dari gambar 2.1 diatas mengenai *system Boil off gas* untuk sampai ke ketel uap induk diatas kapal LNG JUROJIN yang meliputi:

a) Tanki muatan.

Tanki muatan dibuat berdasarkan konsep dari sistem *Moss-Rosenberg*, yang merupakan sebuah tangki berpenopang tunggal (*self supporting system*) tangki spherical dengan lapisan berbentuk silinder. Tanki muatan ini didesain sebagai "*independent tank-type B*" yang tercantum dalam I.G.C code yang telah diteliti

mengenai penelitian ketegangan, penelitian sambungan, dan penelitian akan kelelahan bahan atau material dengan menggunakan sistem 3 (tiga) dimensi dengan mempertimbangkan aspek gerakan kapal, efek panas (*thermal effect*)

dan lain sebagainya. Tangki muatan ini terbuat dari aluminium alloy (5083-0), Titanium TP 2700, nikel NW 2201-0, dan Stainless steel KSUS 304L. Diameter dalam tangki ini adalah 41.42 m.



Gamhar 2.2 tangki muatan LNG JUROJIN

b) Kompresor kerja rendah (Low duty Compressor)

Kompresor kerja rendah berguna untuk mengalirkan *Boil off gas* dari tangki muatan ke ketel uap induk tipe compressor yang digunakan Electric motor driven centrifugal, dengan kapasitas hisapan 6,700 m³/h (6,599 kg/h), keadaan suhu dan tekanan di posisi hisapan: -40°C 104 kPa, keadaan tekanan di saat posisi buang: 200 kPa, maksimal suhu buang 80°C. kapasitas dari kompresor ini dapat di kontrol dengan menggunakan dua macam control yaitu: *speed control* dan sudut derajat bukaan *Inlet Guide Vane (IGV control)*.

Pada dasarnya komponen utama dari sebuah kompresor terdiri dari dua jenis yaitu sentrifugal dan *reciprocating* kompresor.

Penggunaan kompresor di industri minyak dan gas dibedakan menjadi enam grup yaitu:

1) *Flash gas Compressor*

Kompresor jenis ini biasa digunakan di fasilitas perminyakan yang berfungsi untuk mengkompresikan percikan gas dari cairan Hydrocarbon yang diakibatkan dari pemisahan aliran dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. *Flash gas compressor* ini memiliki tipikal untuk menghandel aliran rendah yang menghasilkan rasio tekanan tinggi.

2) *Gas lift compressor*

Kompresor jenis ini biasa digunakan di fasilitas perminyakan dimana tekanan yang dihasilkan dari perubahan gas dan pengangkatan gas yang ditentukan. *Gas lift compressor* ini memiliki tipikal aliran rendah sampai ke aliran medium dengan rasio tekanan tinggi. Jenis dari kompresor ini banyak digunakan dan dipasang pada pasilitas *offshore*.

3) *Reinfection compressor*

Kompresor ini digunakan untuk menambah atau menjaga produksi minyak agar supaya tetap stabil. *Reinfection compressor* juga digunakan untuk penyimpanan *natural gas* dibawah tanah. *Reinfection compressor* ini memiliki tipikal menggunakan tenaga yang besar, rasio tekanan yang besar, dan aliran *low volume flow rate*.

4) *Booster compressor*

Transmisi gas yang melewati perpipaan menyebabkan jatuhnya tekanan yang diakibatkan gaya gesekan. *Booster compressor* digunakan untuk memulihkan jatuhnya tekanan dari gaya gesekan ini. Pemilihan dari kompresor jenis ini untuk mengevaluasi dari nilai ekonomis dari jarak antara stasiun pengisian perpipaan dan "*life-cycle cost*" dari setiap stasiun kompresor. *Booster compressor* ini memiliki tipikal menghasilkan aliran yang tinggi dengan rasio kompresi yang rendah.

5) *Vapor-recovery compressor*

Vapor-recovery compressor digunakan untuk mengumpulkan gas dari

tangki-tanki muatan dan peralatan bertekanan rendah lainnya yang ada pada sebuah fasilitas. Kompresor jenis ini memiliki tipikal hisapan bertekanan rendah, rasio kompresi yang tinggi dengan rasio kompresi gas yang rendah.

6) *Casinghead compressor*

Kompresor jenis ini biasanya digunakan dengan pompa elektrik jenis submersible. Casinghead compressor ini memiliki tipikal hisapan tekanan rendah, rasio kompresi yang tinggi dengan aliran yang rendah. Secara garis besar kompresor dibagi menjadi dua kategori yaitu:

a) *Positive displacement* kompresor

Kompresor jenis ini dibagi menjadi dua macam yaitu:

(1) *Reciprocating type*

(2) *Rotary type*

b) Dinamik atau kinetik kompresor

Dinamik atau kinetik kompresor merupakan jenis kompresor dengan aliran yang terus menerus dimana elemen yang berputar mengaselerasikan gas yang melewati elemen tersebut, dimana merubah *Velocity head* menjadi tekanan, sebagian berada pada elemen yang berputar dan sebagian lain dari sudu-sudu.

Jenis kompresor ini dibedakan menjadi 3 (tiga) jenis yaitu:

(1) *Centrifugal*

(2) *Axial-flow*

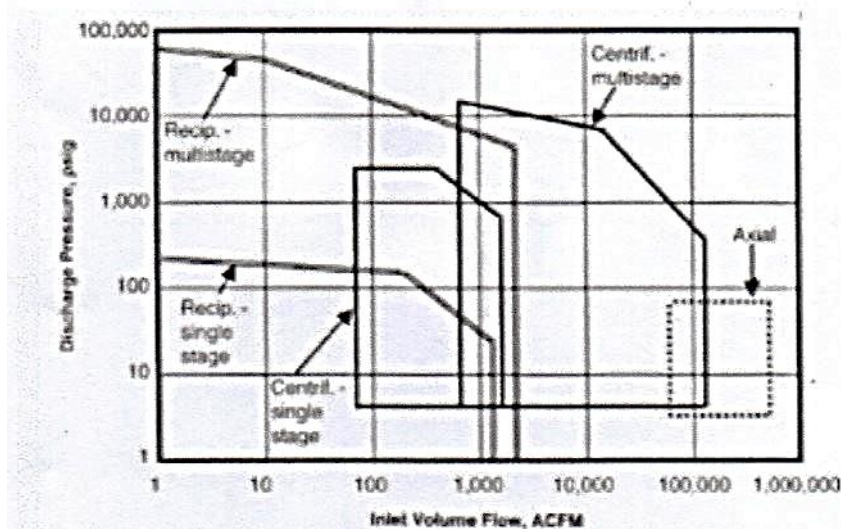
(3) *Mixed-flow types*

Effisiensi adiabatic merupakan sebuah rasio dari sebuah output usaha untuk sebuah proses kompresi isentropic yang ideal menuju input usaha yang berdasarkan head yang diharapkan. Untuk memberikan operating point dari sebuah kompresor. Persamaan gas sempurna diambil dari hukum Charles dan Boyle membuat kemungkinan yang diberilqm berat gas yang diberikan sama.

Pada kenyataannya, semua jenis gas tidak sama dengan hukurn-hukum diatas untuk beberapa derajat. Ketidaksamaan ini dibedakan menjadi faktor

compressibility, z , diterapkan sebagai perkembangan dari rumus dasar. Oleh dari itu, telah dimodifikasi termasuk faktor compressibility. Flow atau kapasitas aliran kompressor (kapasitas) dapat dispesifikasikan menjadi tiga macam:

- Mass (weight) flow
- Standard volume flow
- Actual (inlet) volume flow



Gambar 2.3 Hubungan antara *inlet volume flow* dan tekanan buang (*psig*).

Mass flow dapat disimpulkan sebagai mass per unit dari waktu, ada beberapa menggunakan pounds-mass per menit (lbm/min) atau kilogram per menit (kg/min). mass flow merupakan nilai yang spesifik gas properties dan kondisi masukan kompressor.

Pada dasarnya centrifugal compressor dapat digunakan dan diaplikasikan untuk aliran dengan ret yang tinggi, sedangkan *reciprocating compressor* lebih sesuai digunakan untuk aliran dengan ret yang rendah.

c) Pemanas gas metana (*Low duty heater*)

Pemanas gas metana berguna untuk pemanas gas metana sebelum dialirkan ke ketel uap utama sehingga mencapai suhu tertentu (suhu metana siap dibakar di ketel uap adalah dengan suhu 30°C). Tipe pemanas: Horizontal

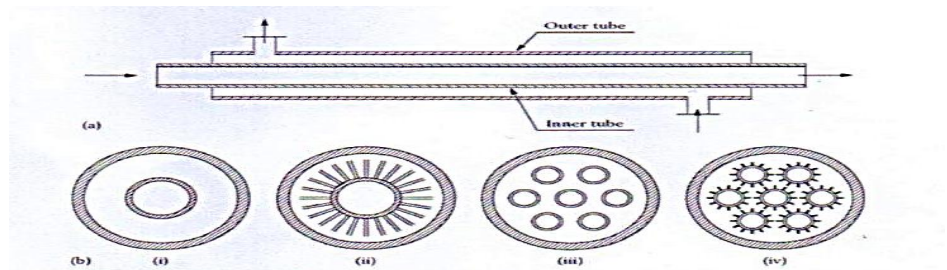
shell and tube direct steam heated, kapasitas: 2,040 Mj/h, aliran gas metana: 7,090 kg/h, keadaan suhu dan tekanan di posisi hisapan: -100 - 40°C 201 kPa.

Penyukar panas atau dalam industri kimia populer dengan istilah *heat exchanger* (HE) adalah suatu alat yang memungkinkan perpindahan panas dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Biasanya, medium pemanas dipakai uap lewat panas (super heated steam) dan air biasa sebagai air pendingin (cooling water). Penyukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur langsung begitu saja. Penyukar panas sangat luas dipakai dalam industri seperti kilang minyak, pabrik kimia maupun petrokimia, industri gas alam, refrigerasi, pembangkit listrik.

Berdasarkan bentuk konstruksinya penyukar panas dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam, diantaranya adalah:

1) Pemindah panas jenis *shell* dan *tube*

Jenis umum dari penyukar panas, biasanya digunakan dalam kondisi tekanan relative tinggi, yang terdiri dari sebuah selongsong yang di dalamnya disusun suatu annulus (untuk meniadakan luas permukaan yang optimal). Fluida mengalir di selongsong maupun di annulus sehingga terjadi perpindahan panas antar fluida dengan dinding annulus sebagai perantara. Beberapa jenis rangkaian annulus misalnya; triangular, segi empat dan lain-lain.



Gambar 2.4 penyukar panas jenis *shell* dan *tube*.

2) Pemindah panas jenis plat.

Alat jenis ini terdiri dari beberapa plat yang disusun dengan rangkaian tertentu, dan fluida mengalir diantaranya.

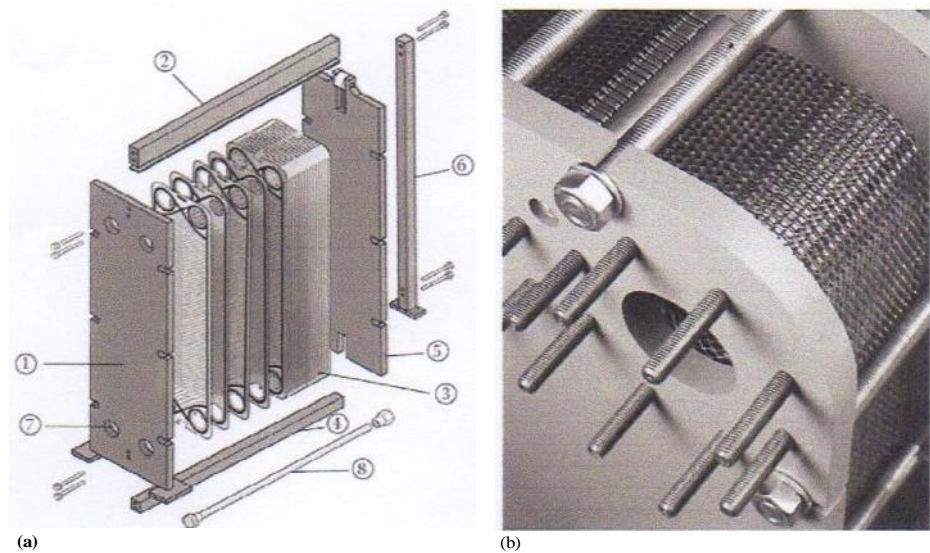


FIGURE 1.7 plate heat exchanger. (a) construction details – schematics (Parts details. 1. Fixed frame plate; 2. Top carrying bar; 3. Plate pack; 4. Bottom carrying bar; 5. Movable pressure plate; 6. Support column; 7. Fluids port; and 8. Tightening bolts.) and (b) closer view of assembled plates. (coutersy of ITT STANDARD, Check towaga.NY.)

Garnbar 2.5 penukar panas tipe plat

Berdasarkan arah alirannya penukar panas dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam , diantaranya adalah:

1) Parallel flow

Pada tipe parallelflow ini, kedua fluida masuk kedalam penukar panas secara bersamaan dalam satu aliran, mengalir secara parallel antara satu dengan yang lain, dengan arah yang sama lalu keluar dari penukar panas secara bersamaan.

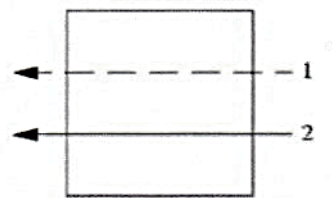


FIGURE 1.17 *Parallel flow arrangement*
Gambar 2.6 *Parallel flow arrangement.*

2) Counter flow

Pada tipe counterflow ini, kedua fluida masuk kedalam penukar panas secara bersamaan tapi dalam arah aliran yang berlawanan.

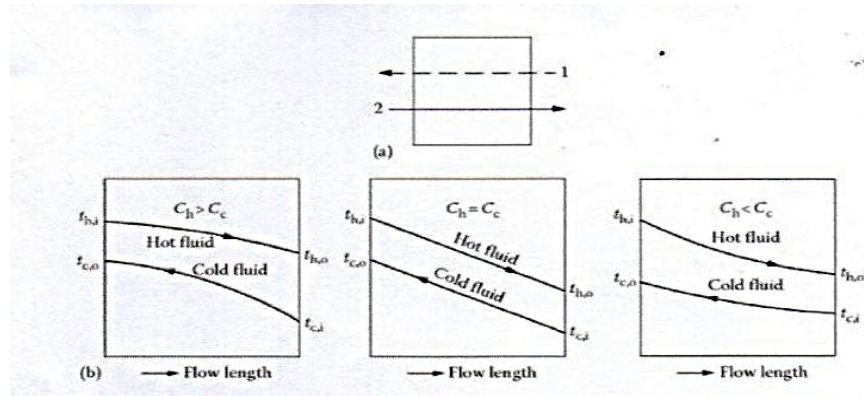


FIGURE 1.18 (a) counteroverflow arrangement (schematic) and (b) temperature distributuin (schematic). (Note : C_b and C_c are the heat capacity rate of bot fluid and cold fluid respectively. i refers to inlet, o refers to outlet conditions and t refers to fluid temperature.)

Gambar 2.7 counterflow arrangement.

3) Cross flow.

Pada tipe crossflow ini, kedua fluida mengalir secara normal antara yang satu dengan yang lain. Tipe crossflow ini dibedakan menjadi: kedua fluida tidak bercampur secara langsung, satu fluida tidak bercampur dan fluida yang lain bercampur, kedua fluida bercampur.

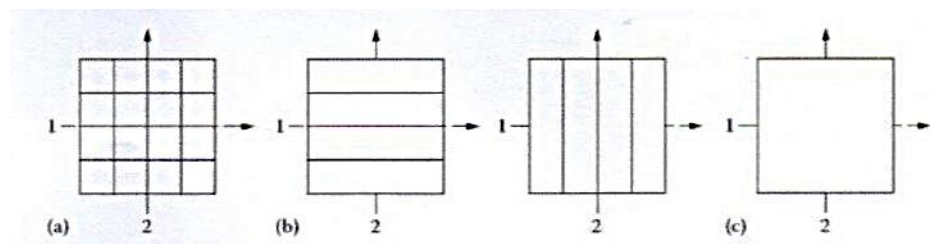


FIGURE 1.19 Crossflow arrangement: (a) Unmixed – unmixed, (b) unmixed – mixed, (c) mixed - mixed

Gambar 2.8 crossflow arrangement.

d) Katup gas utama (Master gas valve)

Katup gas utama merupakan salah satu item dalam sistem *Boil off gas* yang memiliki paman sangat penting. Katup ini merupakan katup utama yang dilewati gas metana sebelum dialirkan ke Ketel uap induk. Jenis dari katup ini ialah katup dengan jenis kupu-kupu (*butterfly type*), tenaga penggerak menggunakan oli bertekanan. Apa bila terjadi keadaan abnormal pada sistem *boil off gas* katup gas utama ini akan tertutup secara otomatis.

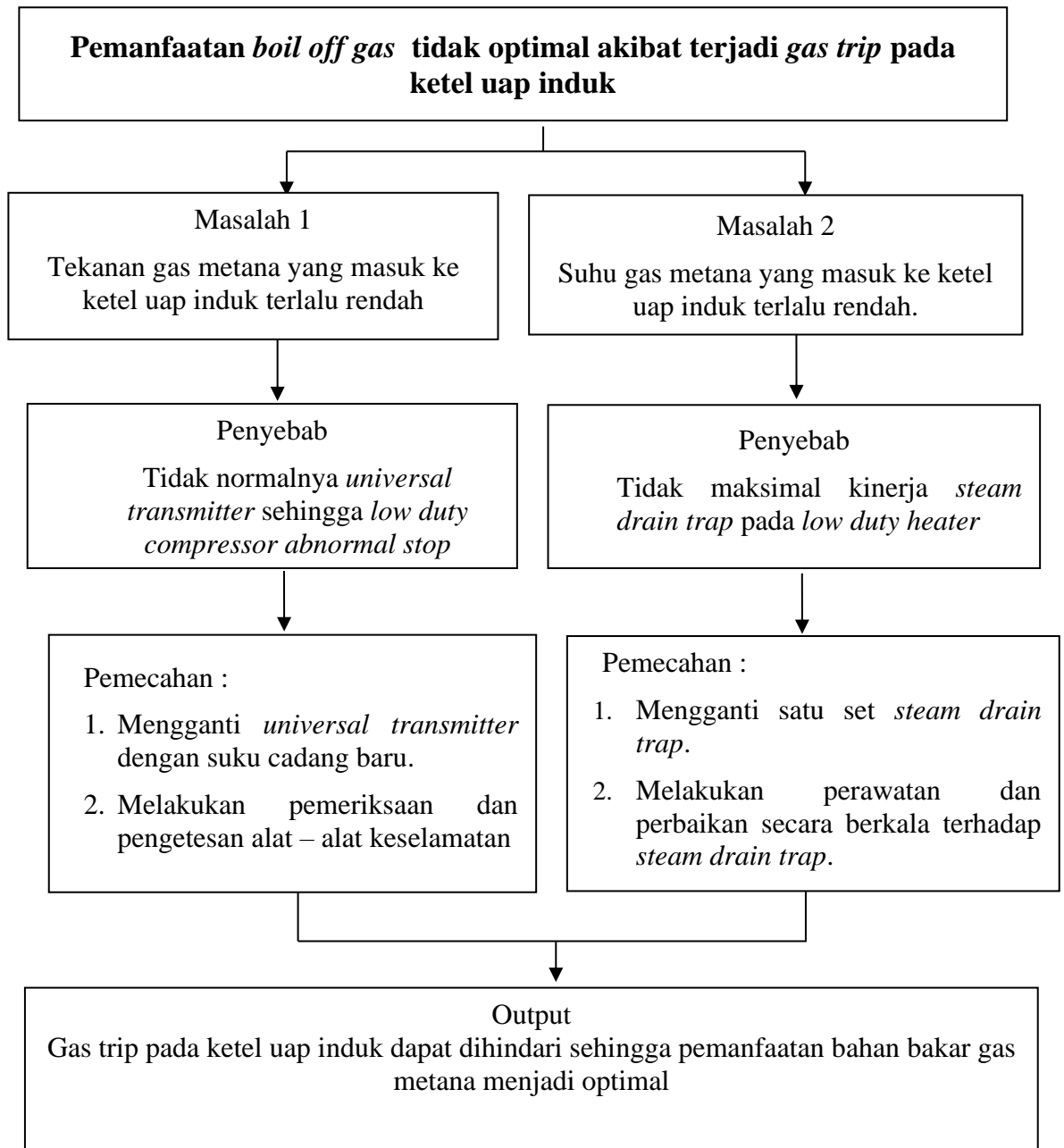
e) Ketel uap Induk (Main boiler)

Ketel uap induk merupakan bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam berupa energi kerja. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air panas atau steam pada tekanan dan suhu tertentu mempunyai nilai energi yang kemudian digunakan untuk mengalirkan panas dalam bentuk energi kalor ke suatu proses. Jika air dididihkan sampai menjadi uap, maka volumenya akan meningkat sekitar 1600 kali, menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak, sehingga boiler merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik pada komponen-komponennya.

B. KERANGKA PEMIKIRAN.

Untuk mempermudah penulisan makalah ini maka penulis mencoba untuk menuliskan kerangka pemikiran sebagai konseptual teori yang berhubungan dengan berbagai faktor yang telah diidentifikasi sebagai masalah yang penting. Kerangka pemikiran disajikan dengan metode diagram proses dengan pertimbangan input dari berbagai hal seperti faktor instrumentasi dan lingkungan. Kerangka pemikiran dalam bentuk diagram proses dapat dilihat pada diagram dibawah ini

Tabel 2.1. Kerangka pemikiran



BAB III

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA

Dalam bab ini data-data yang penulis peroleh dan digunakan sebagai bahan penelitian akan dibahas secara rinci sesuai dengan kerangka pemikiran agar sistematis. Data yang diperoleh merupakan data yang dikumpulkan melalui metode observasi, dokumentasi, dan wawancara. Data yang diperoleh kemudian akan dibandingkan dengan teori-teori yang telah dijabarkan pada Bab II agar penyebab terjadinya permasalahan dapat ditemukan. Data dikumpulkan pada saat sebelum dan sesudah terjadinya *gas trip* pada sistem *control boil off gas* ketel uap induk.

1. Rendahnya tekanan gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk.

Gas trip terjadi pada sistem *control boil off gas* ketel uap induk pada tanggal 20 Oktober 2021 pukul 20:00 LT waktu setempat. Ketika *gas trip* terjadi kondisi kapal sedang dalam pelayaran dari pelabuhan muat di Dampier, Australia menuju pelabuhan bongkar di Higshi Ohgishima, Jepang. Sesuai dengan perintah dari pencharter bahwa kapal diharuskan berlayar dengan kecepatan penuh dengan menggunakan bahan bakar gas. Untuk memenuhi kewajiban itu maka kapal berlayar dengan kecepatan putaran baling-baling 79 putaran per menit. Data jurnal alarm pada IMCS menyatakan telah terjadi alarm yang berupa pada No.1 *Low Duty Compressor abnormal stop alarm* sehingga memicu sinyal *gas trip* pada ketel uap induk. Hal ini menyebabkan terjadinya perpindahan mode pembakaran dari *gas burning* ke *Fuel oil burning* proses secara otomatis "*boost-up*" pada sistem pembakaran ketel uap induk. Pada saat terjadinya *gas trip* tidak dilakukan investigasi penyebab terjadinya trip pada No.I Low duty compressor yang menyebabkan tekanan gas metana yang

masuk ke dalam ketel uap induk terlalu rendah. Hal ini dikarenakan kapal dalam jadwal yang padat dan harus tiba di pelabuhan bongkar muat tepat waktu. Untuk itu Kepala Kamar Mesin (KKM) memerintahkan agar dilakukan pemindahan penggunaan *Low duty compressor* dari No.1 ke No.2 setelah dijalankan No.2 *Low duty compressor* dengan mengikuti pengembalian modus kerja ketel uap utama pada modus gas memerlukan waktu karena beban turbin utama harus diturunkan menjadi 25 - 30% agar proses pemindahan bahan bakar berjalan dengan baik. Untuk itu kecepatan putaran baling-baling harus diturunkan agar beban ketel uap berkurang. KKM meminta perwira jaga di anjungan untuk menurunkan putaran baling-baling dengan seizin nakhoda. Putaran baling-baling kapal diturunkan menjadi 60 putaran per menit sehingga beban pada keseluruhan ketel uap induk menjadi 50%. Untuk menurunkan putaran baling-baling diperlukan 1 menit dalam 1 penurunan putaran per menit dan untuk menaikkan putaran baling-baling diperlukan 3 menit dalam 1 kenaikan putaran per menit.

Tabel 3.1 Referensi komposisi LNG dari berbagai kilang gas

Table 2: Typical composition of LNG from many LNG terminals around the world

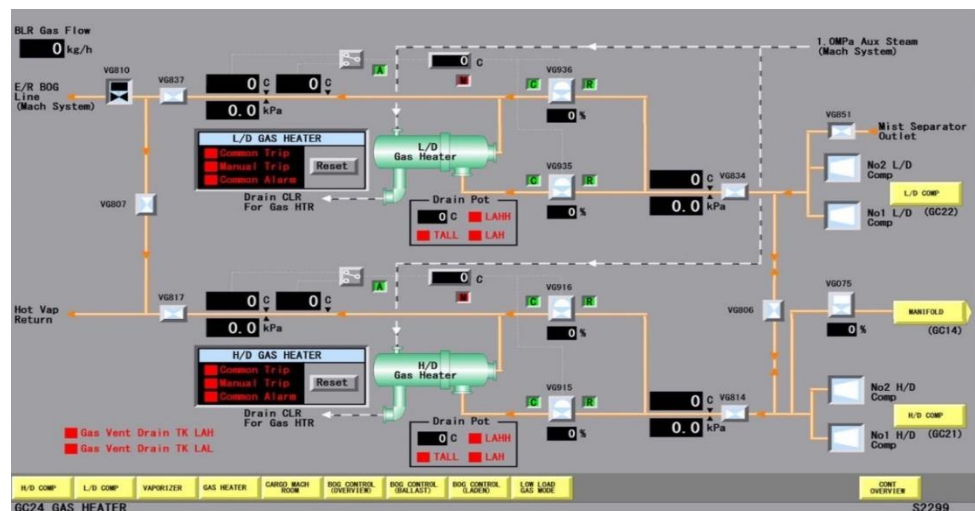
Origin	Nitrogen N2 %	Methane C1 %	Ethane C2 %	Propane C3 %	C4+ %	TOTAL	LNG Density ⁽¹⁾ kg/m ³	Gas Density ⁽²⁾ kg/m ³ (n)	Expansion ratio m ³ (n)/m ³ liq	Gas GCV ⁽²⁾ MJ/m ³ (n)	Wobbe Index ⁽²⁾ MJ/m ³ (n)
Australia-NWS	0.04	87.33	8.33	3.33	0.97	100	467.35	0.83	562.46	45.32	56.53
Australia-Darwin	0.1	87.64	9.97	1.96	0.33	100	461.05	0.81	567.73	44.39	56.01
Algeria-Skikda	0.63	91.4	7.35	0.57	0.05	100	446.65	0.78	575.95	42.3	54.62
Algeria-Bethioua	0.64	89.55	8.2	1.3	0.31	100	454.5	0.8	571.7	43.22	55.12
Algeria-Arzew	0.71	88.93	8.42	1.59	0.37	100	457.1	0.8	570.37	43.48	55.23
Brunei	0.04	90.12	5.34	3.02	1.48	100	461.63	0.82	564.48	44.68	56.18
Egypt-Idku	0.02	95.31	3.58	0.74	0.34	100	437.38	0.76	578.47	41.76	54.61
Egypt-Damietta	0.02	97.25	2.49	0.12	0.12	100	429.35	0.74	582.24	40.87	54.12
Equatorial Guinea	0	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	1.6	0.79	100	450.96	0.79	571.49	43.29	55.42
Indonesia-Badak	0.01	90.14	5.46	2.98	1.4	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	54.14
Libya	0.59	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	2.6	0.93	100	454.19	0.8	569.15	43.67	55.59
Nigeria	0.03	91.7	5.52	2.17	0.58	100	451.66	0.79	571.14	43.41	55.5
Norway	0.46	92.03	5.75	1.31	0.45	100	448.39	0.78	573.75	42.69	54.91
Oman	0.2	90.68	5.75	2.12	1.24	100	457.27	0.81	567.76	43.99	55.73
Peru	0.57	89.07	10.26	0.1	0.01	100	451.8	0.79	574.3	42.9	55
Qatar	0.27	90.91	6.43	1.66	0.74	100	453.46	0.79	570.68	43.43	55.4
Russia-Sakhalin	0.07	92.53	4.47	1.97	0.95	100	450.67	0.79	571.05	43.3	55.43

Spesifikasi kualitas bahan bakar gas metana berperan dalam kelancaran proses pembakaran. Spesifikasi kualitas bahan bakar gas metana diperoleh dari referensi komposisi kandungan LNG di berbagai kilang gas, selain digunakan untuk jual beli muatan, referensi ini digunakan oleh masinis diatas kapal sebagai acuan untuk

penggunaan dan pengolahan bahan bakar gas. Pada saat terjadinya abnormal pada sistem *Boil off gas* yang menyebabkan *gas trip* pada ketel uap induk menggunakan gas metana yang dimuat dari terminal gas Withnell bay Dampier, Australia. Sesuai tabel referensi kandungan komposisi LNG, nilai gas metana yang terkandung di dalam LNG Withnell Bay Dampier adalah 87.33.

2. Rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk.

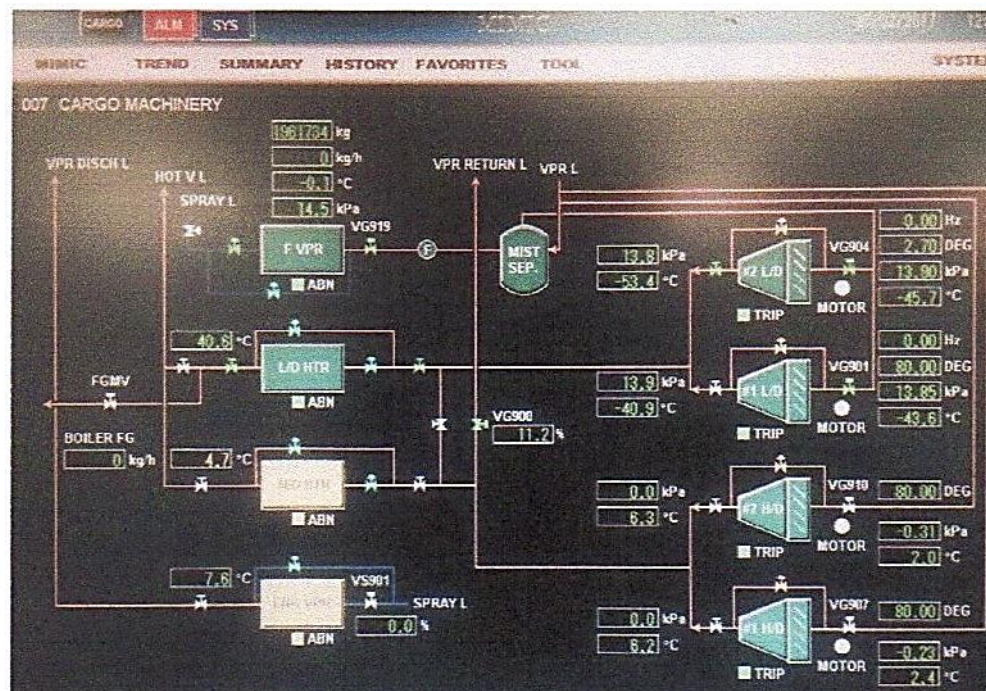
Ketel uap induk dapat kembali dalam modus gas pada pukul 22:10 waktu setempat. Langkah selanjutnya adalah menaikkan putaran baling-baling secara perlahan. Setelah beban pada kedua ketel uap normal, maka Kepala Kamar Mesin meminta perwira jaga untuk menaikkan putaran baling-baling kembali pada posisi semula yaitu 79 putaran per menit. Pada saat proses penaikan putaran baling-baling kembali terjadi *gas trip* pada sistem *Boil of gas* ketel uap induk. *Gas trip* kedua yang terjadi diakibatkan oleh rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk.



Gambar 3.1 Sistem pemanas gas metana pada LNG JUROJIN.

Rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk menyebabkan sistem keselamatan ketel uap induk memberikan signal *gas trip* pada ketel uap induk. Terjadinya *gas trip* yang kedua membuat Kepala Kamar Mesin (KKM) memutuskan untuk tidak mengembalikan ketel uap induk pada modus gas sebelum penyebab timbulnya masalah dapat diketahui, untuk itu Kepala Kamar Mesin meminta izin nahkoda untuk menggunakan ketel uap induk pada modus *Low Sulphur Marine Gas*

Oil. Setelah terjadinya *gas trip* yang kedua akibat suhu gas metana yang masuk ketel uap induk terlalu rendah maka diambil beberapa item untuk kemudian di analisis. Gambar 3.1 merupakan gambar sistem pemanas gas metana. Dari sistem ini dapat ditelaah beberapa item bertugas sebagai sistem keamanan dari pemanas gas metana ini. *Gas trip* pada sistem *boil off gas* ketel uap induk akan terjadi pada suhu 5 °C. Pada suhu ini sistem control ketel uap induk akan bekerja secara otomatis guna menghentikan aliran gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk. Setelah terjadinya *gas trip* masinis yang bertanggung jawab langsung melakukan pengecekan di lokal, lalu ditemukan bahwa level dari gelas duga telah terisi penuh oleh air kondensasi, mengetahui hal ini masinis muatan langsung membuka katup *by pass* untuk jalur kondensate dari sistem uap pemanas gas metana. *Gas trip* yang diakibatkan oleh rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk ini seharusnya tidak terjadi jikalau alat-alat keselamatan pemanas gas metana ini bekerja dengan baik.



Gambar 3.2 parameter sistem *control boil off gas* LNG JUROJIN.

B. ANALISA DATA

Data yang telah dikumpulkan dan dijelaskan kemudahan akan di analisa apakah sesuai dengan standar yang telah dibahas pada kajian pustaka. Sesuai dengan data yang diperoleh bahwa *gas trip* yang terjadi pada 20 oktober 2021. *Gas trip* pertama terjadi pada pukul 20:00 dan diikuti oleh *gas trip* kedua pada sistem *boil off gas* ketel uap induk telah kembali pada modus gas dan akan kembali beroperasi pada beban tinggi. *Gas trip* pertama terjadi akibat abnormal stop pada no.1 *low duty compressor* sehingga menyebabkan rendahnya tekanan gas metana yang masuk kedalam ketel uap utama sedangkan *gas trip* yang kedua diakibatkan terjadinya ketidak normalan pada pemanas gas metana yang menyebabkan terlalu rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk.

1. Rendahnya tekanan gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk.

Menurut buku instruksi manual (*Opertion manual for Low duty compressor, Turbo compressor system type: CM 300/45 VD*) terjadinya tekanan gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk terlalu rendah atau dengan kata lain terjadinya abnormal stop pada *low duty compressor* dapat diakibatkan oleh beberapa faktor sebagaimana tercantum dalam tabel 3.1 Tabel tersebut kemudian digunakan sebagai acuan dalam proses pemecahan masalah.

Proses pemecahan masalah akan dilakukan dengan mencari ketidak sesuaian hal-hal yang bersifat mendasar dengan melakukan tinjauan kepada item-item kemungkinan penyebab terjadinya tekanan gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk terlalu rendah yang disebabkan oleh abnormal stop no.1 *Low duty compressor* dengan cara melakukan pengetesan terhadap seluruh alat-alat keselamatan no.1 *Low duty compressor*.

Setelah diadakannya pengetesan alat-alat keselamatan No.1 *Low duty compressor*, ditemukan satu item yang tidak bekerja secara sempurna, dimana salah satu *universal transmitter* dalam keadaan rusak. Rusaknya universal transmitter ini mengirimkan signal duplikat kepada sistem keselamatan No.1 *low duty Compressor* sehingga mengakibatkan *no.1 Low duty compressor abnormal stop*.

Tabel 3.2 Penyebab-penyebab abnormal stop *Low duty compressor*

<div><div><div>CRYO STAR</div></div></div>		SETPOINT LIST				MHI/KANSAI/H2299		Low Duty Compressor		FD251.01-02		Rev
										PID Nr : 704214476		
N°	Item	Tag. Nr.	Duties	Normal Operation Condition	[Instr. Range] Setting range	Action		Set point	Signal			
						H-HH L-LL	Type					
1	Suction gas pressure	PT 1	-	3 kPa(g)	[-100...200 kPa(g)] -15...20 kPa(g)	-	-	-	4-20 mA			
2	Discharge gas pressure	PT 2	-	96 kPa(g)	[-100...200 kPa(g)] 0...150 kPa(g)	-	-	-	4-20 mA			
3	Suction gas temperature	TE 1	-	-40 °C	-200...+200°C	-	-	-	PT 100			
4	Discharge gas temperature	TE 2A	-	+11 °C	-200...+200°C	-	-	-	PT 100			
			-	-	-	HH	T	+100°C	contact			
5	Discharge gas temperature	TE 2B	-	+11 °C	-200...+200°C	-	-	-	PT 100			
			-	-	-	H	A	+90°C	contact			
6	IGV start position	ZSL 3	-	-	-	-	I2	closed	contact			
7	Surge valve position	ZSH 1	-	-	-	-	I2	open	contact			
		ZSL 1	-	-	-	-	-	-	contact			
8	Process gas flow	PDT 1	-	5.311 kPa	[-10...10 kPa] 0...7 kPa	-	-	-	4-20 mA			
9	Vibration	YE 9	-	10...30 µm	0...100 µm	-	-	-	4-20 mA			
			-	-	-	H	A	50µm	contact			
			-	-	-	HH	T	75µm	contact			
10	Diff. Pressure oil filter	PDT 7	-	50 kPa	[-500...500 kPa] 0...500 kPa	-	-	-	4-20 mA			
			-	-	-	H	A	250 kPa	contact			
11	Oil tank level	LSL 5	-	-	-	L	A ; I1	-	contact			
12												
13	Temperature oil tank	TSL 5 TSH 5	-	55 °C	[-45...+93°C] [-45...+93°C]	L H	A ; I1 A	+25°C +60°C	contact contact			
14	Temperature oil system	TE 8	-	-42 °C	0...+100°C	-	-	-	PT 100			
			-	-	-	L	I2	+20°C	contact			
			-	-	-	H	A	+55°C	contact			
15	Temperature oil bulkhead	TE 10A	-	-60 °C	0...+100°C	-	-	-	Pt100			
			-	-	-	HH	T	+80°C	contact			
16	Temperature oil bulkhead	TE 10B	-	-60 °C	0...+100°C	-	-	-	Pt100			
			-	-	-	H	A	+75°C	contact			
17	Bearing temperature	TE 9A	-	-65 °C	0...+100°C	-	-	-	PT 100			
			-	-	-	HH	T	+75°C	contact			
18	Bearing temperature	TE 9F	-	-65 °C	0...+100°C	-	-	-	PT 100			
			-	-	-	L	A ; I2	+15°C	contact			
			-	-	-	H	A	+70°C	contact			
19	Lube oil pressure gearbox	PT 8	-	-150 kPa(g)	[-100...2000 kPa(g)] 0...600 kPa(g)	-	-	-	4-20 mA			
			-	-	-	L	A ; I2	100 kPa(g)	contact			
20	Lube oil pressure gearbox	PSLL 8A	-	-150 kPa(g)	[-100...125 kPa(g)]	LL	T	80 kPa(g)	contact			
21	Lube oil pressure bulkhead	PSL 8C	-	-110 kPa(g)	[-100...125 kPa(g)]	L	A ; I2	40 kPa(g)	contact			
22	Lube oil pressure bulkhead	PSLL 8C	-	-110 kPa(g)	[-100...125 kPa(g)]	LL	T	20 kPa(g)	contact			
23	Seal gas control valve	PCV 11	-	-	25 kPa(g)	-	-	-	-			
24	Seal gas pressure	PSL 11	-	-	[-100...125 kPa(g)]	L	A ; I1 ; I2	20 kPa(g)	contact			
25	Seal gas pressure	PSLL 11	-	-	[-100...125 kPa(g)]	LL	T	15 kPa(g)	contact			
26	IGV position	ZT 3	-	-	+90°...-30°	-	-	-	4-20 mA			
27	Nozzle actuator control valve	PCV 3	-	-	600 kPa(g)	-	-	-	-			
28	Gear Box High Speed axial displacement	AE 9	-	150 to 300 µm		-	-	-	-			
T : TRIP												
A : ALARM												
I1 : Start-up interlock L.O. pump												
I2 : Start-up interlock machine												
		Revision	Description						Date	Name		
		Orig.	Original version						12.04.13	RICHARD S		
		A	set point PSLL 8C updated						04.03.14	RICHARD.S		
		B	Range of PDT 1 updated						26.03.14	RICHARD.S		
		C										
(*) : Add prefix "13" for LD n°1, and prefix "14" for LD n°2												


Settings between brackets are from the manufacturer

Setelah dilakukan pemeriksaan dan pengetesan alat-alat keselamatan maka dapat dipastikan terjadinya tekanan gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk terlalu rendah disebabkan oleh terjadinya kerusakan pada *universal transmitter* dari salah satu alat keselamatan *low duty compressor*

2. Rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk.

Dalam kasus yang terjadi pada saat penulis melakukan penelitian, rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap terlalu rendah yang disebabkan oleh tidak maksimalnya proses kerja dari pemanas gas metana. Menurut buku instruksi manual (LNG JUROJIN *Instruction manual for LNG Heat Exchanger*2002:18) menerangkan bahwa ketidak abnormalan dari pemanas gas metana dapat disebabkan oleh berbagai faktor sebagaimana tercantum pada tabel 3.2. tabel tersebut digunakan sebagai acuan dalam mencari solusi dari permasalahan.

Tabel 3.3 Penyebab-penyebab tidak normalnya pemanas gas metana

	GAS HEATERS AND VAPORISERS	F1147 to F1151
	Instruction Manual	10.07.02
4.3 Malfunctions		
Malfunction	Probable cause	
Gas outlet temperature too low	<ul style="list-style-type: none"> • Steam pressure too low. Non condensable gases not vented from Shell. • Vaporizers/gas heaters overloaded. • Bypass control not properly operating 	
Gas outlet temperature too low	<ul style="list-style-type: none"> • Too low load. • Bypass control not properly functioning. 	
Steam pressure in Shell too low	<ul style="list-style-type: none"> • Vaporizers/gas heaters overloaded. • Blockage in the steam supply. 	
Condensate level too high	<ul style="list-style-type: none"> • Blockage in the condensate system. • Condensate trap not properly functioning. • Insufficient steam supply, vacuum in the Shell. 	

Dengan mengacu kepada tabel di atas, maka hal yang paling mendasar dalam proses pencarian penyebab permasalahan adalah dengan memeriksa apakah terjadinya ketidak normalan pada sistem kondensat. Proses penilaian dan identifikasi kondisi sistem kondensat dapat dilakukan dengan memeriksa bagian-bagian yang ada pada sistem kondensat tersebut. Pemeriksaan yang dilakukan pada *steam drain trap* dapat dilakukan dengan mengukur suhu pipa yang masuk dan yang keluar dari *steam drain trap* tersebut. Setelah dilakukannya pengukuran dengan menggunakan thermometer ditemukan suhu masuk dari *steam drain trap* yaitu: 30°C dan sisi keluar dari *steam drain trap* yaitu: 15°C. Adapun suhu normal dari kedua sisi ialah: sisi masuk > 100°C, dan sisi keluar < 90°C. Ketidak sempurnaan kinerja *steam drain trap* menyebabkan uap kondensat terakumulasi didalam penampung kondensat dan mengakibatkan terhambatnya aliran uap kering didalam gas metana sehingga proses pemindahan panas pada pemanas gas metana tidak sempurna menyebabkan temperature gas metana rendah. Pemeriksaan lebih lanjut secara rinci tidak perlu dilakukan pada *steam drain trap* karena untuk menghemat waktu investigasi. Dari hasil analisa diatas maka dapat dipastikan bahwa tidak normalnya kinerja pemanas gas metana yang mengakibatkan rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap diakibatkan oleh ketidak sempurnaan kinerja *steam drain trap*.

C. PEMECAHAN MASALAH

Setelah ditemukannya penyebab terjadinya masalah terjadi rendahnya tekanan dan suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk maka penulis akan memberikan beberapa alternative pemecahan masalah serta pembahasannya.

1. Alternatif pemecahan masalah

a. Rendahnya tekanan gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk.

Berdasarkan analisa diketahui bahwa terjadinya tekanan gas metana yang rendah yang masuk kedalam ketel uap utama disebabkan oleh terjadinya *abnormal stop* No.1 *Low duty compressor* akibat adanya kerusakan salah satu *universal transmitter* alat keselamatan. Kerusakan ini menyebabkan signal duplikat masuk kedalam sistem keselamatan No.1 *low duty compressor* sehingga signal duplikat ini memberikan signal *abnormal stop* pada No.1 *low duty compressor*. Untuk mengatasi kerusakan pada salah satu *universal transmitter* penulis memberikan alternative pemecahan masalah, yaitu:

- 1) Mengganti *universal transmitter* dengan suku cadang baru.
- 2) Memasang "*bay pass*" yang berupa kabel *jumper* pada rangkaian listrik pada titik input dan output dari terminal *universal transmitter* tersebut terpasang.

b. Rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk.

Permasalahan kedua yang terjadi adalah rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk. Rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap ini disebabkan oleh ketidak optimalan kinerja dari pada *steam drain trap*. Untuk mengatasi ketidakoptimalan kinerja dari pada *steam drain trap* maka penulis memberikan beberapa alternative pemecahan masalah yaitu:

- 1) Mengganti satu set *steam drain trap* dengan suku cadang baru.
- 2) Mengganti beberapa bagian saja dari *steam drain trap*.

2. Evaluasi alternatif pemecahan masalah

a. Rendahnya tekanan gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk.

Alternatif pemecahan masalah yang telah diberikan untuk mencari solusi terjadinya tekanan gas metana yang rendah yang masuk kedalam ketel uap utama kemudian akan dibahas untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan alternative pemecahan masalah tersebut sehingga akan lebih mudah dalam memutuskan masalah yang dipilih.

1) Mengganti *universal transmitter* dengan suku cadang baru

a) Kelebihan

Melakukan penggantian pada *universal transmitter* yang rusak dengan suku cadang baru memiliki beberapa kelebihan, yaitu:

- (1) Kinerja *low duty compressor* lebih terjamin.
- (2) Ketahanan *universal transmitter* terjamin.
- (3) Kemungkinan terjadinya kerusakan menjadi kecil sekali
- (4) Effisiensi kerja awak kapal.

b) Kekurangan

Melakukan pergantian pada *universal transmitter* yang rusak dengan suku cadang baru juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu:

- (1) Hanya terdapat satu suku cadang *universal transmitter* yang baru, jika suku cadang tersebut digunakan maka apabila terjadi kerusakan pada *universal transmitter* pada bagian lain yang memiliki spesifikasi yang sama tidak dapat dilakukan pergantian dan kemungkinan dapat mengganggu operasional kapal.
- (2) Memerlukan waktu dan biaya untuk memesan suku cadang baru sebagai pengganti suku cadang *universal transmitter* yang digunakan dikarenakan sudah tidak dilakukan pembuatan ulang oleh pabrikan *universal transmitter* dengan jenis dan spesifikasi yang sama.

2) melakukan pemasangan "*bay pass*" yang berupa kabel *jumper* pada rangkaian listrik pada titik input dan output dari terminal *universal transmitter* tersebut terpasang.

a) Kelebihan

melakukan pemasangan "*bay pass*" yang berupa kabel *jumper* pada rangkaian listrik pada titik input dan output dari terminal *universal transmitter* tersebut terpasang memiliki beberapa kelebihan yaitu:

- (1) Tidak memerlukan waktu lama untuk memesan suku cadang baru dan dapat langsung dilakukan pemasangan "*bay pass*".

(2) Tidak memerlukan biaya yang besar.

b) Kekurangan

melakukan pemasangan "*bay pass*" yang berupa kabel *jumper* pada rangkaian listrik pada titik input dan output dari terminal *universal transmitter* tersebut terpasang mempunyai beberapa kekurangan, yaitu:

- (1) Kinerja sistem keselamatan khususnya pada bagian yang di "*bay pass*" tidak terjamin karena apabila terjadi input signal pada sistem yang berkaitan, sistem tersebut tidak akan menerima signal sebenarnya.
- (2) Ketahanan pemasangan kabel *jumper* tidak terjamin mengingat akan getaran, posisi kabel yang tidak pas yang bisa mengakibatkan fungsi yang tidak benar pada sistem yang di "*bay pass*"
- (3) Kinerja awak kapal tidak efisien, karena jika setelah dilakukan pemasangan "*by pass*" dan kemudain pemasangan kabel *jumper* tidak maksimal (longgar, tidak pas) maka perlu pemasangan ulang.
- (4) Dapat meningkatkan resiko kerusakan lebih lanjut jika terjadi kesalahan pada waktu proses pemasangan "*by pass*".

b. Rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk.

Pemecahan masalah pada permasalahan kedua yaitu rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk diberikan beberapa pilihan alternatif. Dari pilihan alternatif pemecahan masalah tersebut akan dibahas kelebihan dan kekurangan, antara lain:

1) Mengganti satu set *steam drain trap* dengan suku cadang baru

a) Kelebihan

- (1) Proses aliran kondensat di dalam sistem kondensat terjamin karena menggunakan suku cadang baru
- (2) Efisiensi kerja awak kapal.
- (3) Kemungkinan ketidakefektifan sangat kecil.

- (4) Efisiensi waktu karena suku cadang baru dapat langsung di pasang pada perpipaan sistem kondensat.
- b) Kekurangan
 - (1) Penggunaan suku cadang akan menjadi boros.
- 2) Mengganti hanya sebagian dari bagian *steam drain trap*.
 - a) Kelebihan
 - (1) menghemat penggunaan suku cadang.
 - (2) Hasil kinerja lebih terjamin.
 - b) kekurangan
 - (1) *steam drain trap* tidak dapat dipastikan bekerja dengan baik karena masih terdapat kerusakan pada bagian lain yang kebetulan tidak dilakukan pergantian.
 - (2) Diperlukan waktu yang cukup lama untuk dilakukan pembongkaran bagian - bagian dari *steam drain trap* kemudian pembersihan, pemasangan baru serta pengetesan sebelum dapat dipasang kembali ke sistem perpipaan uap kondensat.
 - (3) Kinerja awak kapal tidak efisien, karena jika masih timbul permasalahan yang sama maka perlu lakukan pembongkaran ulang pada *steam drain trap*.

3. Pemecahan Masalah Terbaik Yang Dipilih

a. Rendahnya tekanan gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk.

Dengan melakukan pertimbangan dari kelebihan dan kekurangan alternatif pemecahan masalah pada permasalahan pertama yang dibahas di atas, maka pemecahan masalah yang dipilih penulis akan mengatasi terjadi rendahnya tekanan gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk adalah alternatif pemecahan masalah pertama, yaitu mengganti *universal transmitter* dengan suku cadang baru. Pemecahan masalah ini dipilih dengan pertimbangan bahwa akan lebih terjaminnya kinerja *low duty compressor*, kemungkinan terjadinya kerusakan yang sama menjadi kecil sekali, serta material dan kondisi suku cadang *universal transmitter* terjamin. Disamping itu perbaikan pada *universal transmitter* sangat tidak mungkin dilakukan oleh

pihak kapal, dikarenakan diperlukan teknik dan pengetahuan khusus untuk melakukan perbaikan.

b. Rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk.

Pemecahan masalah kedua untuk mengatasi rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk diambil setelah melakukan pertimbangan pada kelebihan dan kekurangan masing-masing alternatif pemecahan masalah. Pemecahan masalah yang dipilih adalah mengganti satu set *steam drain trap* dengan suku cadang yang baru, pemecahan masalah ini diambil karena dinilai lebih efisien dan efektif dalam mengatasi masalah mengingat posisi kapal dalam perjalanan dengan jadwal yang padat.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan solusi pemecahan masalah yang telah diuraikan, dapat penulis ambil kesimpulan bahwa tidak optimalnya penggunaan bahan bakar gas metana untuk ketel uap induk akibat dari *gas trip* pada sistem *control boil off gas* disebabkan oleh terjadinya trip *Low duty Compressor* yang mengakibatkan Tekanan gas metana yang masuk kedalam ketel uap rendah dan terjadinya trip pada *Low Duty Heater* yang mengakibatkan Suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap terlalu rendah.

1. Rendahnya tekanan gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk.

Rendahnya tekanan gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk diakibatkan oleh terjadinya trip *Low Duty Compressor* yang disebabkan rusaknya *universal transmitter* untuk *Low Duty Compressor bulk head oil temperature*. Solusi untuk mengatasi masalah ini adalah dengan mengganti *universal transmitter* yang rusak dengan suku cadang yang baru. Pergantian *universal transmitter* dengan suku cadang yang baru memastikan *Low Duty Compressor* dapat bekerja kembali dengan baik.

2. Rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk.

Rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk diakibatkan oleh terjadinya trip pada *Low Duty Heater* yang diakibatkan oleh tidak bekerjanya *steam drain trap* sehingga suhu gas metana terlalu rendah. Solusi untuk mengatasi masalah ini adalah dengan melakukan pergantian satu set *steam drain trap* dengan suku cadang yang baru. Penggantian satu set *steam drain trap* dengan suku cadang baru dapat meningkatkan efisiensi dan efektifitas kerja *Low Duty Heater* serta memastikan bahwa sistem *control boil off gas* akan berjalan sempurna.

B. SARAN.

1. Rendahnya tekanan gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk.

Solusi pemecahan masalah rendahnya tekanan gas metana yang masuk kedalam ketel uap utama adalah dengan mengganti *universal transmitter* dengan suku cadang baru. Untuk itu saran yang dapat penulis berikan adalah:

- a. Untuk menghindari permasalahan serupa terjadi maka perlu dijadwalkan pemeriksaan rutin secara visual pada *universal transmitter*.
- b. Melakukan pengetesan secara berkala pada alat-alat keselamatan (*safety device test*) secara actual dan benar-benar dilaksanakan.

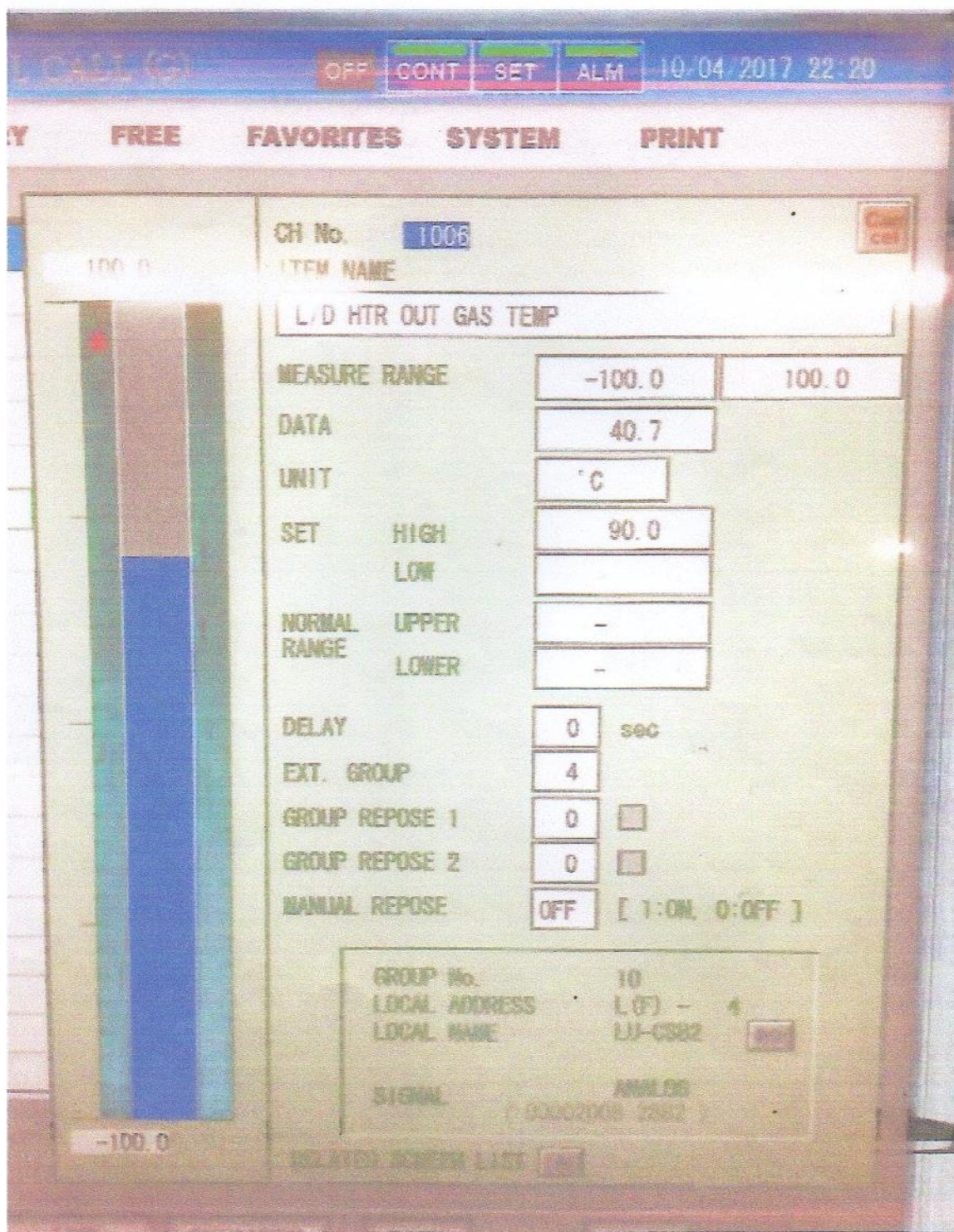
2. Rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk.

Untuk menghindari terjadinya kerusakan pada *steam drain trap* akibat dari jaranganya dilakukan pemeriksaan secara berkala maka saran yang dapat penulis berikan adalah:

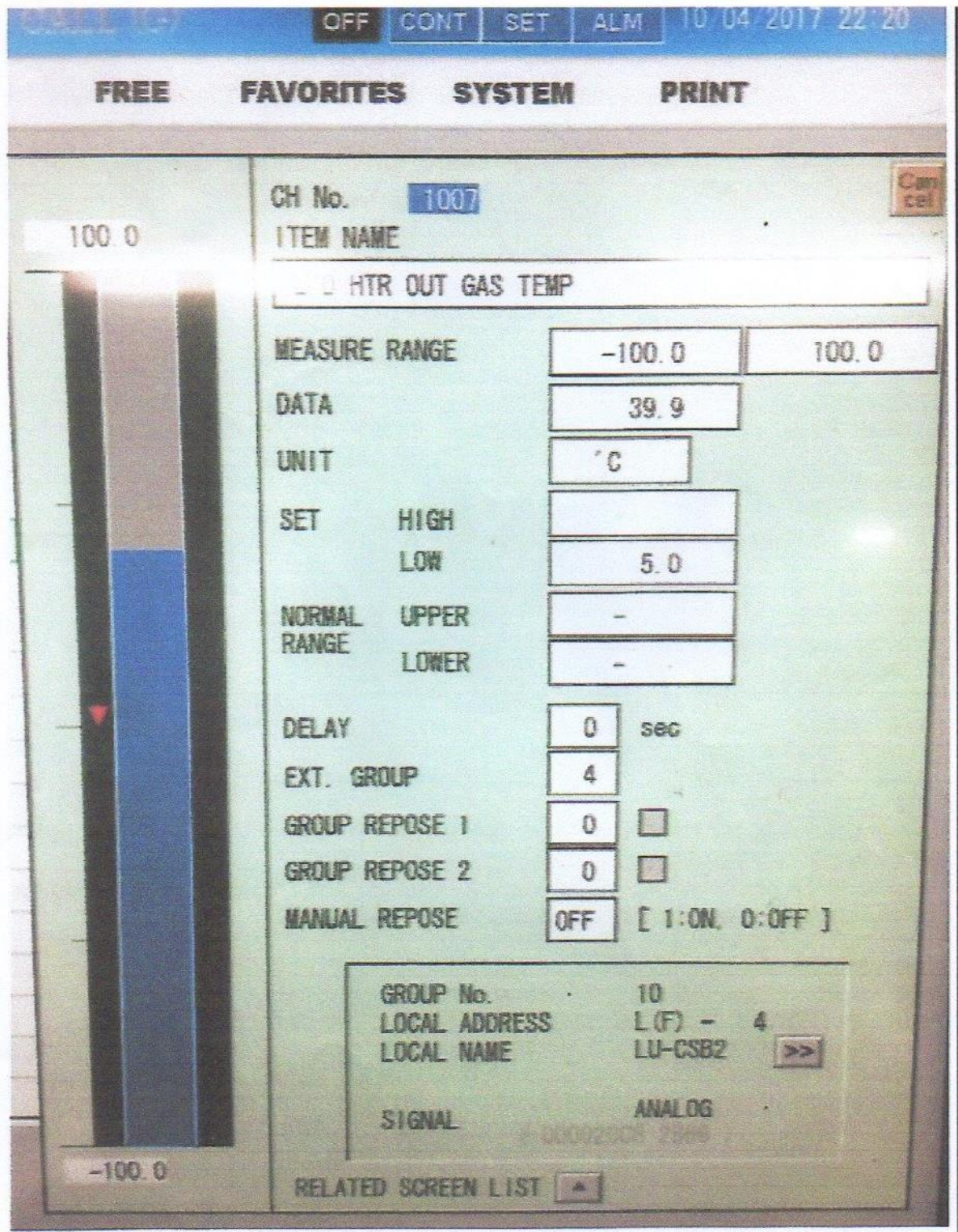
- a. Sistem pendataan pemeriksaan pada *steam drain trap* perlu dilakukan secara rutin dan tercatat secara rapih (ter-record)
- b. Melakukan penataan tempat penyimpanan suku cadang berdasarkan buku jurnal agar mempermudah penentuan suku cadang.

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	<i>Sistem boil of gas</i> LNG Jurojin. 11
Gambar 2.2	Tanki muatan LNG Jurojin..... 12
Gambar 2.3	Hubungan antara <i>Inlet volume flow</i> dan tekanan buang.....15
Gambar 2.4	Penukar panas jenis <i>Shell and tube</i> 16
Gambar 2.5	Penukar panas jenis Plat..... 17
Gambar 2.6	<i>Heat exchanger Parallelflow arrangement</i> 17
Gambar 2.7	<i>Heat exchanger counterflow arrangement</i> 18
Gambar 2.8	<i>Heat exchanger cross flow arrangement</i> 18
Gambar 3.1	<i>Sistem pemanas gas metana pada LNG Jurojin</i> 23
Gambar 3.2	Parameter sistem <i>boil of gas</i> LNG Jurojin 24
Gambar L.1	<i>Low duty heater out gas temperature (High set)</i> L.1
Gambar L.2	<i>Low duty heater out gas temperature (Low set)</i> L.2



Garnbar L.1 *Low duty heater gas out temperature (High set}*



Garnbar L.2 Low duty heater has out temperature (Low set)

IMO CREW LIST

Page No.

1 of 1

(A) Arrival

(V) Departure

1. Name of Ship / Call Sign / IMO Number			2. Port of Arrival/Departure			3. Date of Arrival/Departure			
"LNG JUROJIN" / C6CAT / 9666998			Ohgishima, Japan			27-Dec-2021			
4. Nationality of Ship			5. Port Departed for			6. Nature and No. of Identity document		7. Date and Place Embarkation	
BAHAMAS			Gladstone, Australia						
A. No	9. Family, Given Names	10. Rank	11. Nationality	12. Date and Place of Birth		Expiry Date	Passport No.	Date of Embarkation	Place of Embarkation
1	ARIES BAKTI	Master	Indonesian	8/Apr/1975	INDONESIA	10/May/2024	C3800447	13/Sep/2021	Sakai, Japan
2	RACHMAN RIZALDI SYARIF	C/O	Indonesian	12/Nov/1987	INDONESIA	17/Jun/2026	X1191220	12/Oct/2021	Yokkaichi (Kawagoe), Japan
3	MOHAMAD GUNTUR	1/O	Indonesian	4/Apr/1985	INDONESIA	19/Oct/2023	C1474007	19/Aug/2021	Bitung, Indonesia
4	APRIN AMBARITA	2/O	Indonesian	14/Apr/1994	INDONESIA	2/Aug/2024	C4493277	19/Aug/2021	Bitung, Indonesia
5	ATIKA RAMDINI	3/O	Indonesian	25/Jan/1997	INDONESIA	24/May/2022	B7162788	19/Aug/2021	Bitung, Indonesia
6	GAGAMESTIKA ADEMUKHLIS	4/O	Indonesian	3/Nov/1998	INDONESIA	20/Jun/2022	B7257332	13/Sep/2021	Sakai, Japan
7	AAN AMINUDDIN	C/E	Indonesian	26/Oct/1984	INDONESIA	12/Dec/2022	B8253624	13/Sep/2021	Sakai, Japan
8	ESSA WIDIANTORO	1/E	Indonesian	30/Jul/1977	INDONESIA	16/Mar/2023	B9987975	12/Oct/2021	Yokkaichi (Kawagoe), Japan
9	MAS WISNU KUSUMAWARDANA	Jr. 1/E	Indonesian	10/Aug/1990	INDONESIA	12/Feb/2025	C6377094	19/Aug/2021	Bitung, Indonesia
10	C DJAMALLUDIN MALIK	2/E	Indonesian	28/Jun/1993	INDONESIA	6/Jul/2022	B7417405	13/Sep/2021	Sakai, Japan
11	FRENGKY EDWARD PAKPAHAN	3/E	Indonesian	13/Dec/1994	INDONESIA	30/Sep/2024	C4971656	13/Sep/2021	Sakai, Japan
12	PUTRA BAGUS PANJI WARISTYA	3/E	Indonesian	1/Sep/1995	INDONESIA	6/Aug/2025	C7308536	25/Nov/2021	Sakai, Japan
13	ANDRY WAHYU PAMUNGKAS SIAHAAN	4/E	Indonesian	29/Oct/1997	INDONESIA	5/Apr/2023	B9990166	13/Sep/2021	Sakai, Japan
14	BUJAJIRIMI	BSN	Indonesian	21/Feb/1959	INDONESIA	2/Feb/2023	B9190001	19/Aug/2021	Bitung, Indonesia
15	MURDANI	AB	Indonesian	26/Jun/1983	INDONESIA	5/Feb/2025	C5975522	13/Sep/2021	Sakai, Japan
16	N UDIN	AB	Indonesian	21/Mar/1973	INDONESIA	26/Jun/2025	C6840162	26/Dec/2021	Yokohama (Ohgishima), Japan
17	IQBAL AULIA RAHMAN	AB	Indonesian	25/May/1985	INDONESIA	13/Jun/2024	C3855920	13/Sep/2021	Sakai, Japan
18	SLAMET SETIADI	AB	Indonesian	10/Sep/1974	INDONESIA	4/Oct/2023	C1600668	13/Sep/2021	Sakai, Japan
19	ANDI IMRAN	AB	Indonesian	24/Apr/1977	INDONESIA	27/Jun/2023	C0802465	13/Sep/2021	Sakai, Japan
20	HARDI MANSYUR	AB	Indonesian	7/Apr/1961	INDONESIA	7/Mar/2023	B9707423	13/Sep/2021	Sakai, Japan
21	ERIC FIRNANDUS	OS	Indonesian	12/Dec/1980	INDONESIA	28/Apr/2026	C7931701	13/Sep/2021	Sakai, Japan
22	ACHMAD YANI	No. 1 OLR	Indonesian	6/Jun/1976	INDONESIA	2/Feb/2023	B9189740	12/Oct/2021	Yokkaichi (Kawagoe), Japan
23	I KOMANG ARIYANA	OLR	Indonesian	23/Oct/1973	INDONESIA	7/Jul/2025	C6790345	12/Oct/2021	Yokkaichi (Kawagoe), Japan
24	ZAINAL ABIDIN	OLR	Indonesian	16/Sep/1984	INDONESIA	19/Aug/2026	C7206523	13/Sep/2021	Sakai, Japan
25	MUHAMMAD NURYADIN AMIN	OLR	Indonesian	20/Aug/1984	INDONESIA	19/Sep/2022	B7962627	13/Sep/2021	Sakai, Japan
26	ACHMAD	OLR	Indonesian	28/Jan/1968	INDONESIA	6/Mar/2024	C3306481	19/Aug/2021	Bitung, Indonesia
27	HERIK HERYANTO	WPR	Indonesian	19/Mar/1981	INDONESIA	21/Jul/2025	C7307846	13/Sep/2021	Sakai, Japan
28	ACHMAD DJUNAEDY	C/CK	Indonesian	26/Jan/1961	INDONESIA	19/Nov/2025	C7388316	19/Aug/2021	Bitung, Indonesia
29	MOHAMAD RIDWAN	2/CK	Indonesian	22/Nov/1966	INDONESIA	15/Mar/2026	C7788156	13/Sep/2021	Sakai, Japan
30	MUKHTAR	2/CK	Indonesian	20/Sep/1974	INDONESIA	20/May/2026	C6582922	12/Oct/2021	Yokkaichi (Kawagoe), Japan
31	JESSE JONAS JOEL WEKEN	M/M	Indonesian	11/May/1984	INDONESIA	18/Feb/2026	C7791905	13/Sep/2021	Sakai, Japan
32	N ARIF RIDWAN	Jr. 1/E / Add. Engineer (A)	Indonesian	8/Feb/1982	INDONESIA	17/May/2023	C0254136	26/Dec/2021	Yokohama (Ohgishima), Japan
33	C BIMATA IHSAN PUTRAPRATAMA	Jr. 1/E / Add. Engineer (B)	Indonesian	26/Mar/1992	INDONESIA	10/May/2026	C7160505	12/Oct/2021	Yokkaichi (Kawagoe), Japan
34	N SOFY MAHDI SEMBIRING	Jr. 2/E / Add. Engineer (C)	Indonesian	1/Dec/1993	INDONESIA	20/Aug/2023	C1117161	26/Dec/2021	Yokohama (Ohgishima), Japan

REMARK

1. Date and signature by master, authorized agent of officer
 2. Ship Security Officer is Master
 D - Off Signer, N - New Joiner, * - Promotion, C - Rank Change

CAPT. ARIES BAKTI
 MASTER of "LNG JUROJIN"



SHIP'S PARTICULARS

SHIP'S NAME : LNG JUROJIN
OWNER : LNG JUROJIN SHIPPING CORPORATION
Suite 102 Bank Lane & Bay Street P.O Box CB-13937, Nassau, Bahamas
OPERATOR : Mitsui O.S.K. Lines Ltd.
SHIP MANAGER : MOL LNG Transport Co.,Ltd.
1-1, Toranomon, 2 Chome, Minato-ku, Tokyo, Japan
Tel : +81-3-3587-7048 / Fax : +81-3-3587-7787

NATIONALITY : BAHAMAS
PORT OF REGISTRY : NASSAU
CALL SIGN : C6CA7
OFFICIAL NUMBER : 7000817
IMO NUMBER : 9666998
IMO COMPANY NUMBER : 1966015

TONNAGE : Gross 136739 Net 41022
SUEZ TONNAGE : Gross 144,816.07 Net 130,048.27

PRINCIPAL DIMENSIONS : Length (LOA) 288.00 M Length (LPP) 275.00 M
: Breadth (Mld.) 48.94 M
: Depth (Mld.) 26.00 M
: Height 72.599 M (Keel to mast top)
: Height 68.25 M (Folding the Mast)
: Designed Draft 11.55 M

CLASSIFICATION : Class NK (Nippon Kaiji Kyokai) / Classification Number 155026
NS*/MNS* (LCG 2G, PSPC-WBT, 1C) (PS-DA&FA/55) (IWS) (PSCM) (IHM)
(Design maximum pressure: 0.025 Mpa / minimum temperature: -163 degrees C)

DATE OF : Keel Laying Launching Naming Delivery
: 15-Nov-2013 28-Nov-2014 10-Nov-2015 30-Nov-2015

BUILDER : Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.
1-1, Akunoura-Machi, Nagasaki, Nagasaki Prefecture, Japan

LAST DRY DOCK : 22 Sep 2023 at Seatrium Benoi, Singapore

DRAFT / DEADWEIGHT : Draft Deadweight Displacement Freeboard
Tropical 12.785 89,059 123,344 13.215
Summer 12.525 86,121 120,406 13.475

TYPE OF TANKS : Moss Independent Stretched Spherical Tank for LNG X 4 (Nominal Diameter 41.46 M)

CARGO TANK CAPACITY : 155,691.161 m³ (@-163°C 100% Capacity, Excluding Dome)
153,355.794 m³ (@-163°C 98.5% Capacity, Excluding Dome)

MAIN ENGINE : Mitsubishi Impulse, reaction, two cylinders, cross-compounded marine steam turbine with articulated type double reduction gear X 1 set

MAIN ENGINE OUTPUT : M.C.R. 26,000 KW (35,334 PS) @ 74.0 RPM

SERVICE SPEED : 19.5 knots (TCP Guarantee Speed), Bow Thruster: 2100 KW (2853.9 PS)

COMMUNICATION : INMARSAT-F INMARSAT-C
INMARSAT : Tel (870) 773 809 146 431102640
Fax (870) 783 245 922
E-MAIL : lngjurojin@molgroup.com

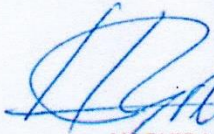
IP PHONE : Tel 1 3463989135
GMDSS : M.M.S.I No. : 311000420


NUMBER OF CREW : 28 (Nationality : 23 Indonesian, 5 Japanese)

NAME OF MASTER : YOSHIDA Hiroshi

CERTIFICATE EXPIRY :
SSCEC : 31-Jul-2024 SE 29-Nov-2025 DOC (ISM) : 06-Dec-2024
Safety Construction : 29-Nov-2025 Load Line : 29-Nov-2025 SMC (ISM) : 19-May-2026
Safety Radio : 29-Nov-2025 IOPP : 29-Nov-2025 ISSC : 19-May-2026
P&I CoE : 20-Feb-2025 MLC : 19-May-2026

LAST PSC INSPECTION : 28th November 2023 at Ichthys, Australia


YOSHIDA Hiroshi
Master of LNG JUROJIN



DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1	Kerangka Pemikiran	20
Tabel 3.1	Referansi komposisi LNG dari berbagai kilang gas	22
Tabel 3.2	Penyebab-penyebab abnormal stop <i>Low duty compressor</i>	26
Tabel 3.3	Penyebab-penyebab tidak normalnya pemanas gas metana....	27

DAFTARSINGKATAN

ABK	Anak Buah Kapal
BMS	Boiler Management System
BOG	Boil Of Gas
CO2	Carbon Di-oksida
IGC	International Gas Carrier
KKM	Kepala Kamar Mesin
LNG	Liquefield Natural Gas
LNG/C	LNG Carrier
MFO	Marine Puel Oil
NBOG	Natural Boil Of Gas
NOx	Nitrogen Oxide
SOx	Sulfhur Oxide

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
C_p/C_v	rasio spesifikasi panas	
n	eksponent polytropic	
H_{is}	Isentropic head	ft-lbf lbm
Z_{avg}	Faktor rata-rata kompresi	
T_s	Suction temperature	OR
T_d	Discharge temperature	OR
S	Masajenis gas (standar udara atmosphere= 1.00)	
P_d	Discharge Pressure	psia
P_s	Suction pressure	psia
H_p	Polytropic head,	ft-lbf/lbm
η_p	Polyntropic efficiency	
η_{is}	Isentropic efficiency	
k	Rasia spesifikasi panas,	C_p/C_v
p	Tekanan	
N	Number of moles	
R	Constanta spesifik gas -	
T	Temperatur	
MW	Berat molekuJ	
R	Universal gas constant= 1,545	
Z_s	Compressibility at inlet	
Q_g	Standard volume flow	11Mscf/D
GHP	Gas power, horse power	
W	Mass flow	lbm/min
P_i	Inlet pressure	psia
V_i	Inlet volume	ACFM
P_2	Discharge pressure	psia
CE	Compression efficiency (assume 0.85 for estimating purposes)	
T_2	Estimated absolute discharge temperature	OR
T_1	Specified absolute suction temperature	OR

DAFTAR LAMPIRAN

- | | |
|-------------------|------------------------------------|
| Lampiran 1 | Data Kapal LNG Jurojin |
| Lampiran 2 | Daftar Anak Buah Kapal LNG Jurojin |

DAFTAR PUSTAKA

- William C. Reynolds, Henry C. Perkins, *Engineering Thermodynamics*, tetj. DR. Ir Filino Harahap, M.sc, DR. Pantur Silaban (Jakarta: Erlangga, 1982)
- Hunt, Everett C., *Modern Marine Engineer's manual, Volume I, Third edition* (New York: Cornell Maritime Press, Inc., 1999)
- Shah, R. K., Classification of heat exchangers, in *Heat Exchangers: Thermal-Hydraulic Fundamentals and Design* (S. Kakac, A. E. Bergles, and F. Mayinger, eds.), Hemisphere, Washington. DC, 1981, pp. 9-46
- Kawasaki Ship Building Corporation, Jurojin Machinery Operating Manual (Sakaide Ship yard: ship design Department 2007).*
- Depdikbud, Kamus Besar Bahasa Indonesia, 1995

