KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

MAKALAH

OPTIMALISASI SISTEM BOIL OF GAS DALAM PEMANFAATAN BAHAN BAKAR KETEL UAP UTAMA DI ATAS KAPAL LNG/C ENERGY FRONTIER

Oleh :

AAN AMINUDDIN
NIS. 01392 / T

PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT-I
JAKARTA
2017

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

M A K A L A H

OPTIMALISASI SISTEM BOIL OF GAS DALAM PEMANFAATAN BAHAN BAKAR KETEL UAP UTAMA DI ATAS KAPAL LNG/C ENERGY FRONTIER

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Untuk Penyelesaian Program ATT-I

Oleh :

A A N A M I N U D D I N
NIS. 01392 / T

PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT-I
J A K A R T A
2 0 1 7

NAUYANAM AVASYABHAVI JIVANAM ANAVASYABHAVI

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA PERSETUJUAN MAKALAH

Nama	:	A A N A M I N U D D I N
No. Induk Siswa	:	01392 / T
Program Pendidikan	:	ATT-I
Jurusan	:	TEKNIKA
Judul	:	OPTIMALISASI SISTEM BOIL OF GAS DALAM PEMANFAATAN BAHAN BAKAR KETEL UAP UTAMA DI ATAS KAPAL LNG/C ENERGY FRONTIER

Jakarta, April 2017

Pembimbing Materi,	Pembimbing Penulisan,
Dr. Ir. Desamen Simatupang, SE., MM	**Alexander Hilmi P., S.Si.T., M.Si**
Pembina Utama muda (IV/c)	Penata Tk.I (III/d)
NIP.19581229 199303 1 001	NIP.19811203 2 00502 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknika

Nafi Almuzani, M.MTr.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19720901 200502 1 001

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA PENGESAHAN MAKALAH

Nama	:	A A N A M I N U D D I N
No. Induk Siswa	:	01392 / T
Program Pendidikan	:	ATT-I
Jurusan	:	TEKNIKA
Judul	:	OPTIMALISASI SISTEM BOIL OF GAS DALAM PEMANFAATAN BAHAN BAKAR KETEL UAP UTAMA DI ATAS KAPAL LNG/C ENERGY FRONTIER

Penguji I	Penguji II	Penguji III
H. Abdul Rachman, M.M	**A. A. Helmi**	**Arif Hidayat, SPEL., M.M**
Penata Tk. I (III/d)		Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19720103 199809 1 001		NIP. 19740717 199803 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknika

Nafi Almuzani, M.MTr.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19720901 200502 1 001

NAUYANAM AVASYABHAVI JIVANAM ANAVASYABHAVI

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadirat 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 *BOIL OF GAS* DALAM PEMANFAAT BAHAN BAKAR KETEL UAP DIATAS KAPAL LNG/C ENERGY FRONTIER

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 rangkan meningkatkan mutu pendidikan.

Demi sempurnanya 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. Bapak Capt. Marihot simanjuntak, M.M. selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.
2. Bapak Drs. Bambang Sumali, Msc selaku Kepala Divisi Pengembangan Usaha Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.

3. Bapak Nafi Almuzani, M.MTr selaku Ketua Jurusan Teknika Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.
4. Bapak Dr. Ir Desamen Simatupang SE., M.M. selaku Dosen Pembimbing materi yang telah membimbing dan mengarahkan dalam pembuatan makalah ini.
5. Bapak Alexander Hilmi Pradhana S.Si.T., M.Si selaku Dosen Pembimbing penulisan yang banyak memberikan bantuan dalam penyempunaan penulisan makalah ini.
6. Seluruh staff pengajar, dosen, penguji dan instruktur program DIKLAT PELAUT ATT-I Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.
7. Ibu Enok Julaeha, Ibu Sukini dan Bapak Aan Suanda, Bapak Sukirman selaku orang tua yang terus memberikan dukungan dan motivasi.
8. Istri dan anakku tercinta Yulia Setiorini , Muhammad Erza Hakim Prayugho, Muhammad Abidzar Zaidan Alghozali yang selalu membantu, memberi perhatian dan memotivasi dengan penuh kasih sayang.
9. Rekan-rekan sesama peserta program DIKLAT PELAUT TINGKAT – I (ATT-I Angkatan XLVI) Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta Tahun 2017, yang senantiasa memberikan masukan selama penulis menjalani pendidikan.
10. Seluruh rekan-rekan yang ada di kapal LNG/C ENERGY FRONTIER 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, April 2017

Penulis

AAN AMINUDDIN

NIS. 01392 / T

NAUYANAM AVASYABHAVI JIVANAM ANAVASYABHAVI

DAFTAR ISI

		Hal
HALAMAN JUDUL		i
TANDA PERSETUJUAN MAKALAH		ii
TANDA PENGESAHAN MAKALAH		iii
KATA PENGANTAR		iv
DAFTAR ISI		vi
BAB I	PENDAHULUAN	1
	A. LATAR BELAKANG	1
	B. IDENTIFIKASI, BATASAN DAN RUMUSAN MASALAH	2
	C. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	3
	D. METODE PENELITIAN	4
	E. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN	6
	F. SISTEMATIKA PENULISAN	6
BAB II	LANDASAN TEORI	8
	A. TINJAUAN PUSTAKA	8
	B. KERANGKA PEMIKIRAN	15
BAB III	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	16
	A. DESKRIPSI DATA	16
	B. ANALISIS DATA	21
	C. PEMECAH MASALAH	25
BAB IV	KESIMPULAN DAN SARAN	38
	A. KESIMPULAN	38
	B. SARAN	39
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

NAVAL ANNAM NAUYANAM AVASYABHAVI

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Tingginya tingkat polusi di udara akibat pembakaran bahan bakar fosil telah merubah pandangan masyarakat untuk mulai beralih menggunaka sumber bahan bakar alternative. Salah satu bahan bakar alternative yang digunakan adalah gas alam. Penggunaan bahan bakar ramah lingkungan (gas alam) pun telah ramai di gunakan 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 °C. Perbandingan antara gas alam yang belum dicairkan dengan LNG adalah 1 berbanding 600, artinya 1m³ LNG sama dengan 600 m³ 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 (CH4), Etana (C2H4), Propana (C3H8), 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/C Energy Frontier adalah kapal tanker LNG berbendera Jepang 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.

Turrbin uap ini memanfaaatkan suplay uap dari hasil proses penguapan dari dua buah ketel uap utama. Ketel uap utama 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 kecapatan penuh maka ketel uap utama akan mempunyai beban tinggi dan jika *gas trip* terjadi maka ketel uap utama akan secara otomatis beralih ke bahan bakar MFO. Secara langsung hal tersebut dapat berakibat pemakain bahan bakar MFO meningkat serta sulitnya mengontrol tekana dan kondisi tangki muatan bahkan kondisi muatan karena perubahan dari jenis pemakain 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 karean kecepatan kapal harus diturunkan utuk mengurangi beban ketel uap utama.

Pemakain MFO yang berlebihan dapat merugikan banyak pihak, diantaranya pemilik kapal, pihak pencarter maupun lingkungan. Perbandingan pemakain MFO pada saat ketel uap utama dalam posisi pembakaran gas dan posisi pembakaran MFO 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 2016 sekitar pukul 20:00 LT. Gas trip terjadi selama 4 jam sampai ketel uap induk dapat kembali pada posisi pemakaran gas. Penggunaan bahan bakar gas alam secara optimal dan effisien sangat penting dalam pengoperasian kapal LNG/C Energy Frontier.

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

"OPTIMALISASI SISTEM BOIL OF GAS DALAM PEMANFAATAN BAHAN BAKAR MAIN BOILER DI KAPAL LNG/C. ENERGY FRONTIER"

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 keadalam ketel uap induk.

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

c. Kotornya flame arrester pada jalur pipa gas metana ke ketel uap induk.

d. Terjadinya error pada system kontrol (BMS) ketel uap induk.

2. Batasan Masalah

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

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

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

3. Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah diatas maka dapat dirumuskan bahwa:

a. Mengapa tekanan gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk terlalu rendah?

b. Mengapa suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk terlalu rendah?

C. TINJAUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.

Dengan mengangkat permasalahan terjadinya *gas trip* pada ketel uap diatas kapal LNG/C Energy Frontier yang lebih pokok pada rendahnya tekanan dan suhu gas metana yang masuk kedalam 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 kedalam 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/C Energy Frontier 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 deskriftif 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/C Energy Frontier.

1. Metode Pendekatan

Metode pendekatan dilakukan dengan metode studi kasus, yaitu mempelajari kasus gas trip yang terjadi pada tanggal 20 Oktober 2016 sesuai dengan pengalaman penulis secara langsung pada saat penulis bekerja sebagai Masinis muatan (Cargo/ Gas Engineer) di kapal LNG/C Energy Frontier.

2. Tehnik Pengumpulan Data

Tehnik 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/C Energy Frontier. 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 yng dilakukan melalui tatap muka dan tanya jawab secara langsung antara penulis terhadap narasumber atau sumber data. Oleh karena itu kami mengambil narasumber atu 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 tenteang subjek yang menajdi focus 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/C Energy Frontier.

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/C Energy Frontier dari tanggal 20 April 2016 hingga 25 November 2016.

2. Tempat Penelitian

Tempat penelitian yaitu pada saat penulis bekerja datas kapal LNG/C Energy Frontier 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 melatarbelakangi 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 diidentifikasikan 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 operasiional 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.

NAUYANAM AVASYABHAVI
JIVANAM ANIVASYABHAVI

BAB II

LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

Liquefied Natural Gas (LNG)

Liquefied Natural Gas (LNG) adalah gas alam yang dicairkan dengan didinginkan hingga mencapai suhu -160°C pada tekanan 1 atm. LNG mempunyai komposisi kimia terbanyaknya adalah Methane, lalu sedikit Ethana, Propana, Butana dan sedikit sekali Pentan dan Nitrogen, kompresi volume yang cukup besar ini memungkinkan transportasi gas dalam bentuk cair untuk jarak jauh dengan biaya yang lebih effisien dan dapat ditransportasi oleh kendaraan LNG. *Liquefied Natural Gas* (LNG) merupakan muatan yang mempunyai tingkat bahaya yang cukup tinggi dan utuk 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 upanya melayang dan menghilang di udara dan pada LNG *vapor* (*boil of gas*) yang suhunya masih sanagan 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, NOx, dan Sox) sehingga ramah lingkungan. LNG tidak mudah terbakar LNG baru akan mudah terbakar juka 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.

Boil Off Gas (BOG)

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 *Liguefied 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 penggunakan *Boil of gass* ini dapat mengurangi penggunaan bahan bakar MFO. Sistem *boil off gass* memiliki peranan yang sangat penting akan kelancaran operasional suatu kapal LNG.

Selama pemakaian *boil of gas* harus selalu diperhatikan tekanan dan suhunya baik saat kapal bermuatan maupun tidak bermuatan. Hal ini utnuk menjaga supaya tidak terjadi tekanan lebih pada ketel uap maupun pada ruang muat, disamping itu juga untuk mejaga suhu ruang muat agas selalu berada pada suhu yang ditentukan. Untuk menunjang tercapainya proses pelaksanaan pembongkaran maupun pemuatan maka penanganan *boil of gas* diatal 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 penangann *boil of gas* yang tepat akan memegang peranan penting terhadap lancarnya pengoperasian kapal LNG.

Dalam pelayarannya LNG yang berada dalam tanki 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 isnulasi 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 pemakain *Marine Fuel Oil* meningkat. Sebagai dasar untuk pembahasan masalah dalam makalah ini penulis menggunakan buku pedoman yang berada diatas 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/C ENERGY FRONTIER. Diharapakan 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.

1. Optimalisasi

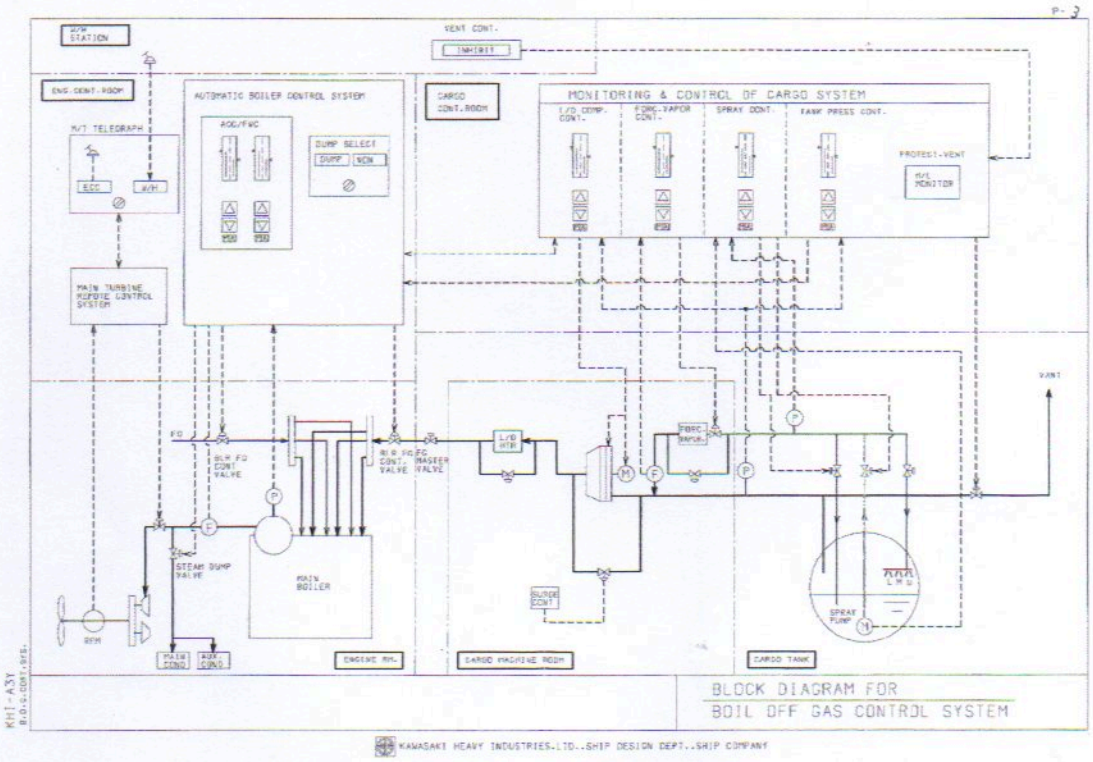
Optimalisasi berasal dari kata dasar optimal yang beratri yang terbaik, jadi optimalisasi adalah proses pencapaian suatu pekerjaan dengan hasil dan keuntungan yang besar tanpa harus mengurangi mutu dan kualitas dari suatu pekerjaan. Pengertian Optimalisasi menutu Kamus Besar Bahasa Indonesia (Depdikbud, 1995:628) adalah optimalisasi bersal dari kata optimal yang berarti terbaik, tertinggi. Jadi opitmalisasi adalah suatu proses meninggikan 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 diman kata tersebut dibicarakan, baik dari segi matematis ataupun dari segi ilmu computer.

2. Sistem *Boil Off Gas* kapal LNG/C ENERGY FRONTIER.

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.

a. Desain sistem *Boil Off Gas* kapal LNG/C ENERGY FRONTIER.



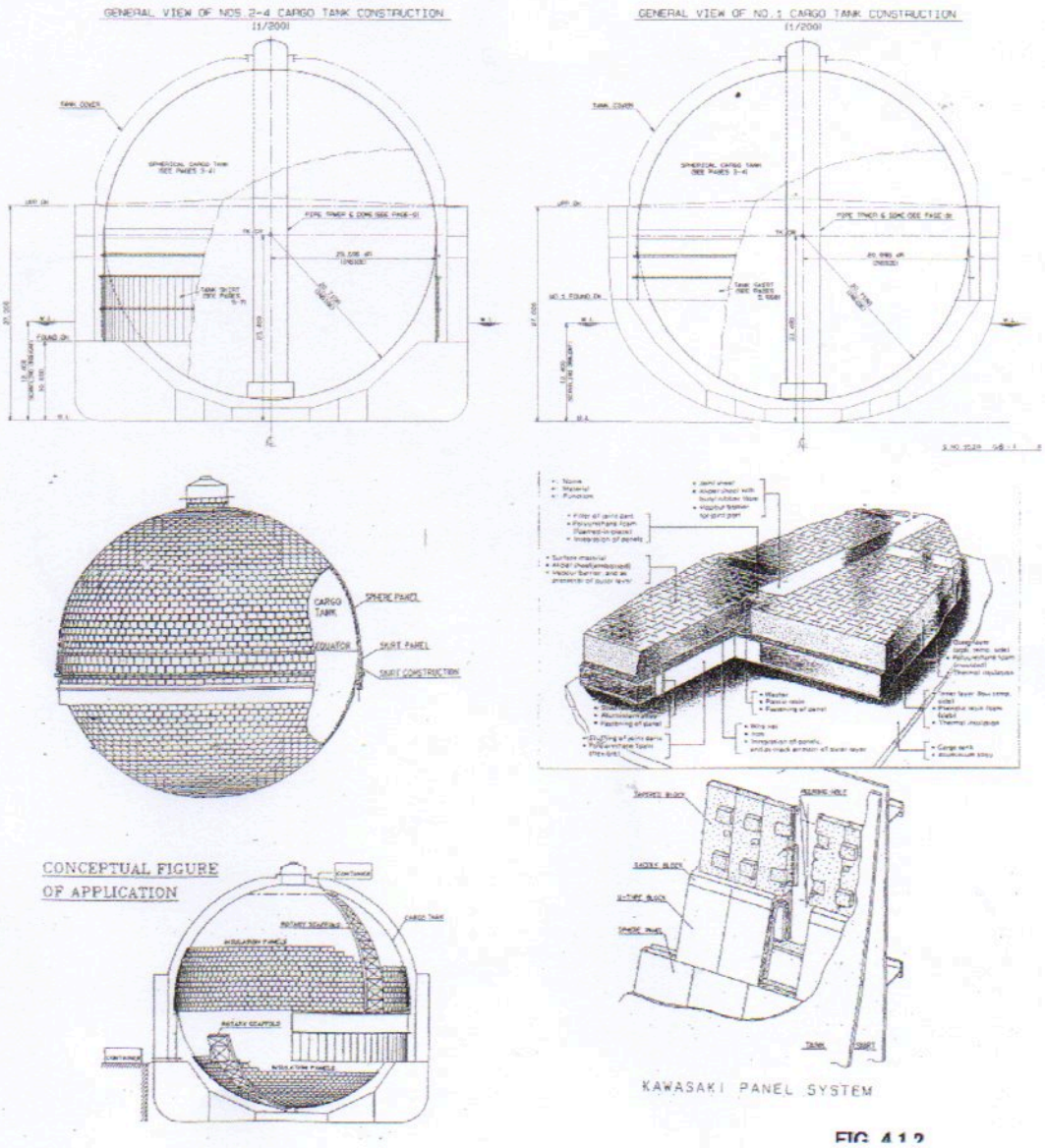
Gambar 2.1 Sistem boil Off Gas LNG/C ENERGY FRONTIER

Dari gambar diatas dapat di uraikan mengenai system *Boil of gas* untuk sampai ke ketel uap induk diatas kapal LNG/C ENERGY FRONTIER yang meliputi:

1) Tanki muatan.

Tanki muatan dibuat berdasarakan konsep dari sistem *Moss-Rosenberg,* yang merupakan sebuah tangki berpenopang tunggal (*self supporting system*) tanki spherical dengan lapisan berbentuk silinder. Tanki muatan ini didesain sebagai "*independent tank-type B*" yang tercantum dalam I.G.C code yang telah ditieliti 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 alumunium alloy (5083-0) ,Titanium TP 270O, nikel NW 2201-0, dan Stainless steel KSUS 304L. Diameter dalam tangki ini adalah 41.42 m.



Gambar 2.2 tangki muatan LNG/C ENERGY FRONTIER

2) Kompressor kerja rendah (Low duty Compressor)

Kompressor kerja rendah berguna untuk mengalirkan Boil of gas dari tanki muatan ke ketel uap utama. Tipe compressor: Electric motor driven centrifugal, 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).*

Spesifikasi dari theori kompresi meliputi:

a) Tenaga yang diharuskan
b) Isentropic exponent
c) Intercooling
d) Efisiensi Adiabatic dan polytropic
e) Actual dan standar volume flow rate
f) Masa flow rate
g) Tekanan masuk dan keluar
h) Suhu masuk dan keluar
i) Adiabatic dan polytropic head

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

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

a) Flash gas Compressor

Kompressor 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.

b) Gas lift compressor

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

c) *Reinjection compressor*

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

d) *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 compressor jenis ini untuk mengevaluasi dari nilai ekonomis dari jarak antara stasiun pengisian perpipaan dan "*life-cycle cost*" dari setiap stasiun kompressor. *Booster compressor* ini memiliki tipikal mengasilkan aliran yang tinggi dengan rasio kompresi yang rendah.

e) *Vapor-recovery compressor*

Vapor-recovery compressor digunakan untuk mengumpulkan gas dari tangki-tanki muatan dan peralatan bertekanan rendah lainnya yang ada pada sebuah pasilitas. Komprssor jenis ini memiliki tipikal hisapan bertekanan rendah, rasio komprsi yang tinggi dengan rasio kompresi gas yang rendah.

f) *Casinghead compressor*

Kompressor jenis ini biasanya digunakan dengan pompa elektrik jenis submersible. Cainghead compressor ini memiliki tipikal hisapan tekanan rendah, rasio kempressi yang tinggi dengan aliran yang rendah.

Secara garis besar kompressor dibagi menjadi dua kategori yaitu:

a) Positive displacement kompressors

Kompressor jenis ini dibagi menjadi dua macam yaitu:

(1) Reciprocating types

(2) Rotary type

b) Dynamic atau kinetic kompressor

Dynamic atau kinetic kompressor merupakan jenis kompressor 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 kompressor ini dibedakan menjadi 3 (tiga) jenis yaitu:

(1) Centrifugal

(2) Axial-flow

(3) Mixed-flow types

Teori kompressor

Positive displacement dan dynamic kompressor diambil berdasarkan beberapa prinsip dasar hukum thermodynamicas.

Kompressi Isentropic (adiabatic)

Sebuah proses adiabatic merupakan salah satu dimana tidak adanya panas yang ditambahkan atau dihilangkan dari sistem, Kompresi adiabatic dapat disimpulkan menjadi rumus:

$$P_1V_1^k = P_2V_2^k \quad \text{.....(1)}$$

where $k = C_p/C_v$ = ratio of specific heats, dimensionless.

Kompressi polytropic

Sebuah proses polytropic merupakan salah satu dimana perubahan dari sifat gas disaat kompressi.

Kompressor dinamik pada dasarnya mengikuti langkah plytropic dimana dapat ditungkan kedalam rumus:

$$P_1V_1^n = P_2V_2^n \quad \text{.....(2)}$$

where n = polytropic exponent.

Polytropic exponent merupakan sebuah pesamaan yang diberikan dari jenis permesinan dan kemungkinan lebih rendah atau lebih tinggi dari adiabatic

exponent *k*. karena nilai dari *n* berubah pada saat proses kompressi, dimana nilai rata-ratalah yang digunakan.

Dimana tekanan masuk, tekanan keluar, dan suhu diketahui, polytropic exponent dapat dihubungkan menjadi:

$$T_2 / T_1 = (P_2 / P_1)^{(n-1)/n} \quad .....(3)$$

Head

Head dapat disimpulkan merupakan suatu usaha yang diekpresikan kedalam *foot pund* per *pound* gas atau N-m/kg. Pada saat kecepatan dan kapasitas kompressor yang diberikan, Head disimpulkan centrifugal compressor sama berkaitan dengan kealamian gas yang dikompressikan. Kenaikan tekanan dihasilkan dari jumlah varian head dengan nilai density dari suatu gas.

Isentropic (adiabatic) head

Pada sebuah proses kompresi isentropic, head dapat dihitung dengan:

$$H_{is} = 53.3 z_{avg} (T_s / S)[k/(k-1)][(P_d / P_s)^{(k-1)/k} - 1] \quad .....(4)$$

Dimana:

H*is* = isentropic head, ft-lbf/lbm

Zavg = average compressibility factor, dimensionless

Ts = guction temperature, °R,

S = gas specific-gravity (standard atmospheric air = 1.00)

Pd = discharge pressure, psia,

Ps = suction pressure, psia,

Polytropic head

Pada sebuah proses kompresi polytropic, head dapat dihitung dengan:

$$H_p = 53.3z_{avg}(T_s / S)[k\eta_p / (k-1)][(P_d / P_s)^{(k-1)/(k\eta_p)} - 1].$$
.....(5)

Dimana:

Hp = polytropic head, ft-lbf/lbm

np = polytropic effisiensy.

Effisiensi Adiabatic atau isentropic

Effisiensi adiabatic merupakan sebuah rasio dari sebuah output usaha untuk sebuah proses kompressi isentropic yang ideal menuju input usaha yang berdasarkan head yang diharapkan.

Untuk memberikan operating point dari sebuah kompressor, actual efficiency isentropic dapat dikalkulasikan dengan menggunakan rumus:

$$\eta_{is} = T_s[(P_d / P_s)^{(k-1)/k} - 1] / (T_d - T_s),$$
.....(6)

Dimana:

Nis = isentropic effiecency

Ts = suction temperature, ºR,

Td = discharge temperature (actual or predicted), ºR,

k = ratio of specific heats, Cp/Cv.

Efficiency polytropic

Efficiency dari prosses kompressi polytropic dapat disimpulkan menjadi:

$$\eta_p = [(k-1)/k)(\ln P_d / P_s)] / \ln (T_d / T_s),$$
.....(7)

where η_p = polytropic efficiency.

Faktor Compressibility

Persamaan gas sempurna diambil dari hukum Charles dan Boyle membuat kemungkinan yang diberikan berat gas yang diberikan sama.

$$PV = NRT \quad \text{.....(8)}$$

Dimana:

P = Pressure,

V = Volume,

N = number of moles,

R = constant for a specific gas,

T = temperature

Pada kenyataannya, semua jenis gas tidak sama dengan hukum-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

$$PV = zNRT \quad \text{.....(9)}$$

Flow atau capasitas

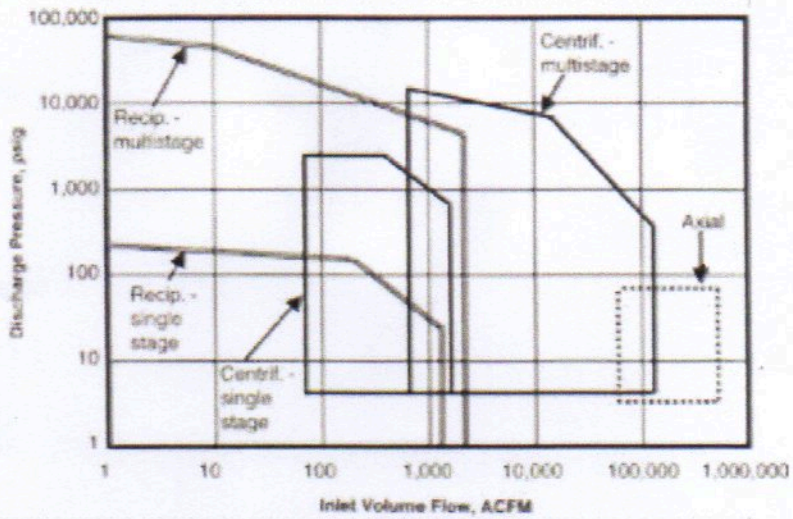
Aliran kompressor (kapasitas) dapat dispesifikasikan menjadi tiga macam:

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

Mass atau weight flow

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.



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

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

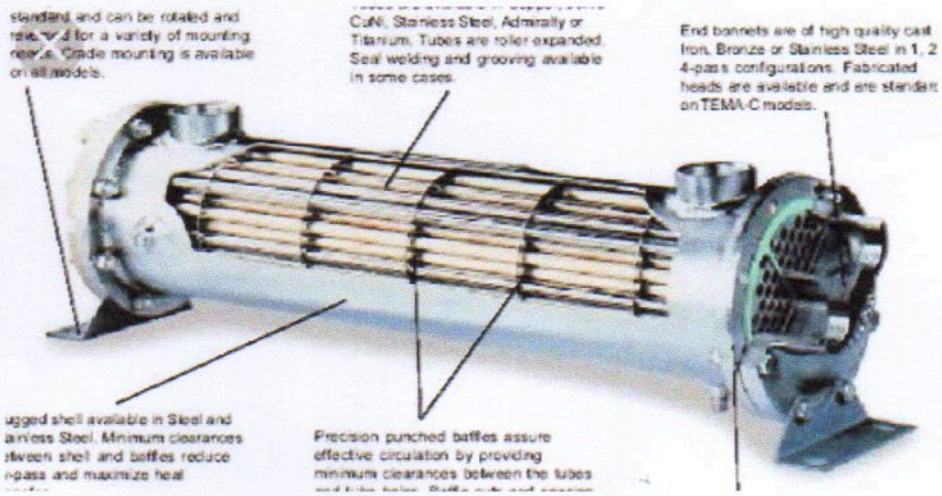
Pemanas gas metana berguna untuk pemanas gas metana sebelum dialirkan ke ketel uap utama sehingga mencapai suhu tertentu (suhu metana siap dibakar di ketel uap adalah dengan suhu 30°C). Tipe pemanas: Horizontal shell and tube direct steam heated, kapasitas: 2,040 Mj/h, aliran gas metana:7,090 kg/h, keadaan suhu dan tekanan di posisi hisapan: -100 ~ 40°C 201 kPa.

Penukar panas atau dalam industri kimia popular dengan istilah bahasa inggrisnya, heat exchanger (HE) adalah suatu alat yagn 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). Penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluid dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat diding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur langsung bagitu saja. Penukar panas sangat luas dipakai dalam industry seperti kilang minyak, pabrik kimia maupun petrokimia, industri gas alam, refrigerasi, pembangkit listrik.

a) Berdasarkan bentuk konstrukisnya penukar panas dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam , diantaranya adalah:

(1) Pemindah panas Jenis Shell and tube

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



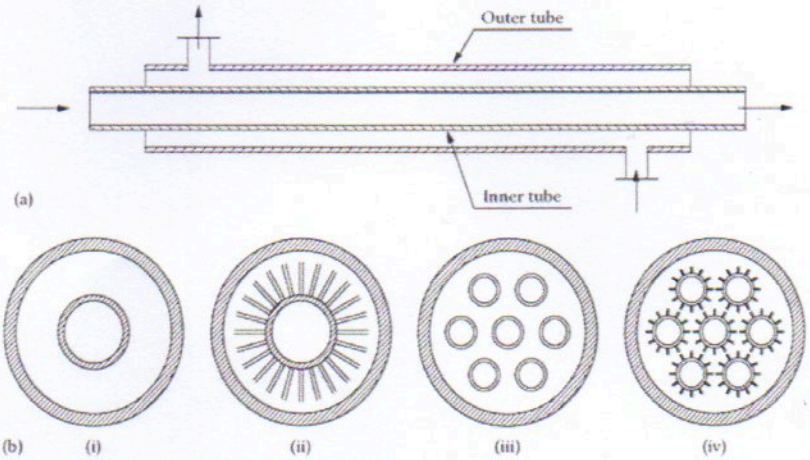


FIGURE 1.2 Double pipe/twin pipe hairpin heat exchanger. (a) Schematic of the unit, (b): (i) double pipe with bare internal tube, (ii) double pipe with finned internal tube, (iii) double pipe with multibare internal tubes, and (iv) double pipe with multifinned internal tubes. (Courtesy of Peerless Mfg. Co., Dallas, TX. Makers of Alco and Bos-Hatten brands of heat exchangers.)

Gambar 2.4 penukar panas jenis *shell and tube.*

(2) Pemindah panas jenis plat.

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

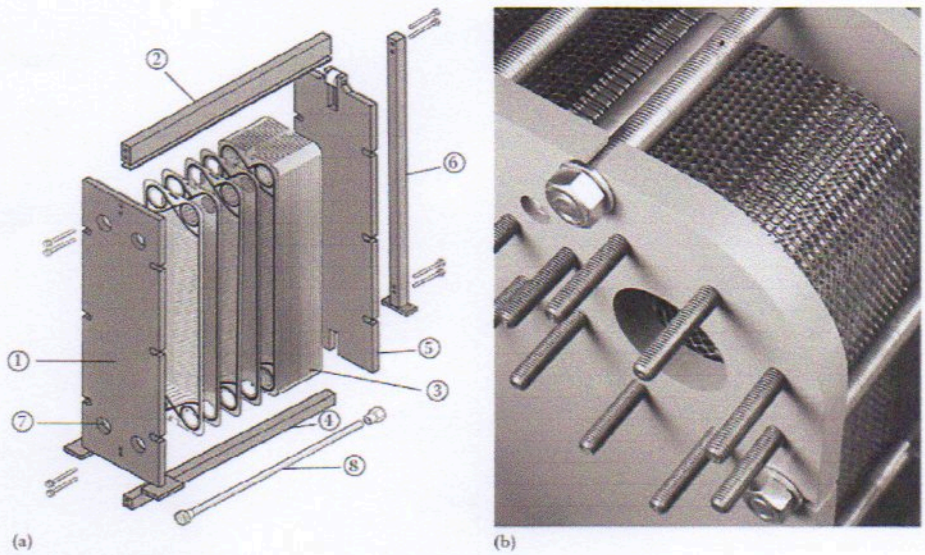


FIGURE 1.7 Plate heat exchanger. (a) Construction details—schematic (Parts details: 1, Fixed frame plate; 2, Top carrying bar; 3, Plate pack; 4, Bottom carrying bar; 5, Movable pressure plate; 6, Support column; 7, Fluids port; and 8, Tightening bolts.) and (b) closer view of assembled plates. (Courtesy of ITT STANDARD, Cheektowaga, NY.)

Gambar 2.5 penukar panas tipe plat

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

(a) Parallelflow

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

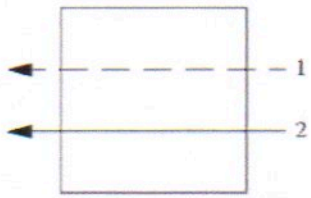


FIGURE 1.17 Parallelflow arrangement.

Gambar 2.6 *Parallelflow arrangement.*

(b) Counter flow

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

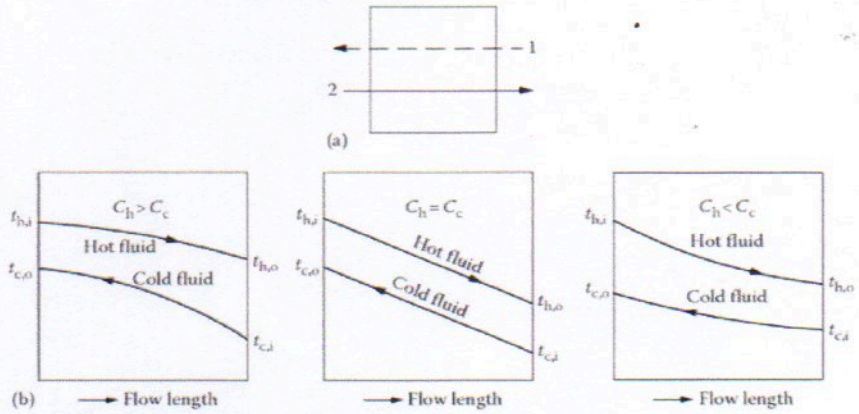


FIGURE 1.18 (a) Counterflow arrangement (schematic) and (b) temperature distribution (schematic). (*Note*: C_h and C_c are the heat capacity rate of hot fluid and cold fluid respectively, i refers to inlet, o refers to outlet conditions and t refers to fluid temperature.)

Gambar 2.7 counterflow arrangement.

(c) 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.

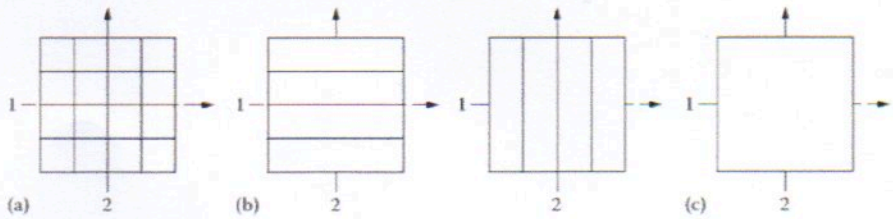


FIGURE 1.19 Crossflow arrangement: (a) unmixed–unmixed, (b) unmixed–mixed, and (c) mixed–mixed.

Gambar 2.8 crossflow arrangement.

4) Katup gas utama (Master gas valve)

Katup gas utama merukapan salah satu item dalam sistem Boil off gas yang memiliki pernan sangat penting. Katup ini merupakan katup utama yang

dilewati gas metana sebelum dialirkan ke Ketel uap utama. 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.

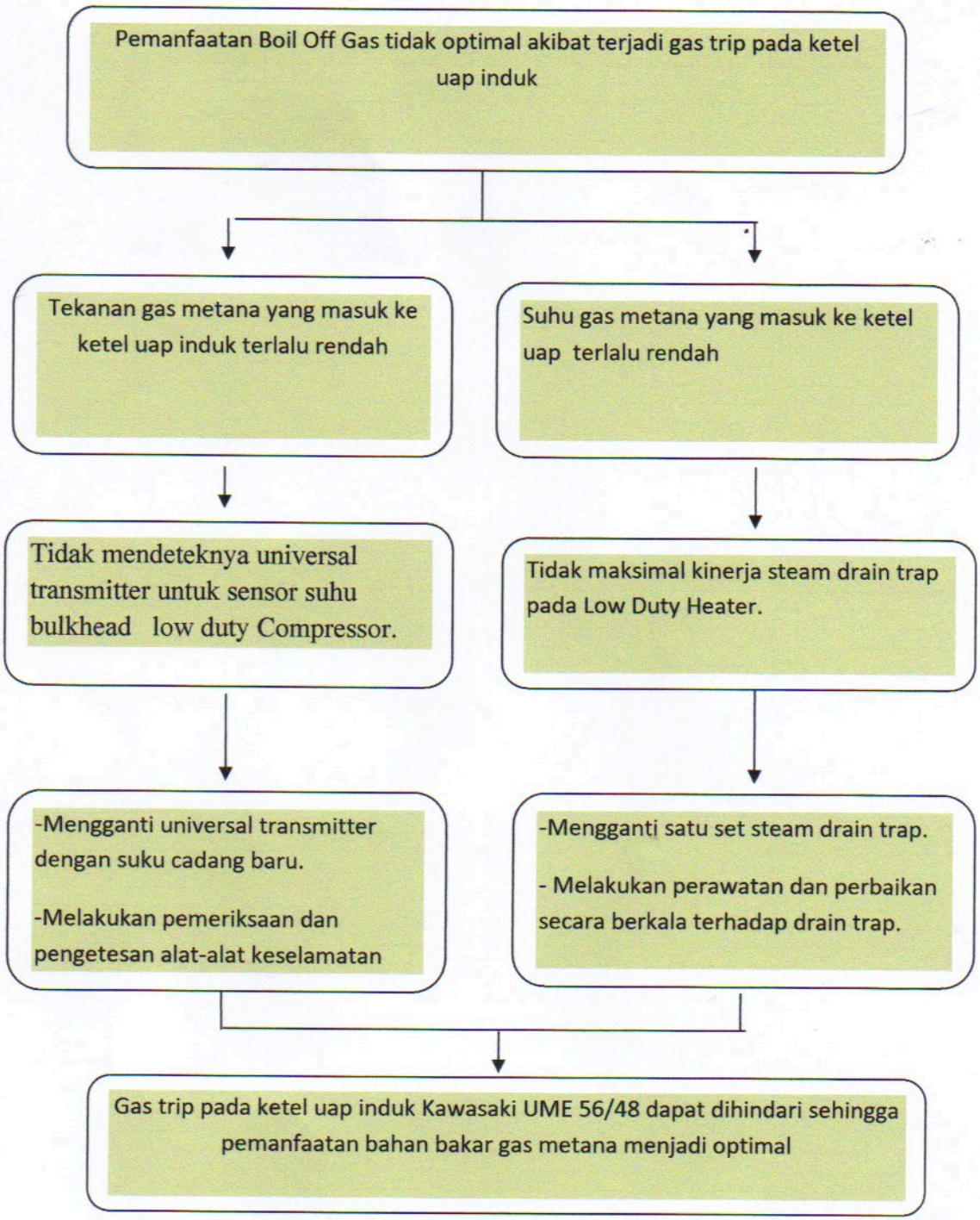
5) Ketel uap Induk (Main boiler)

Ketel uap induk merupakan bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam berupa energy kerja. Air adalah media yang berguna dan murah utnuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air panas atau steam pada tekanan dan suhu tertentu mempunyai niali energy yag kemudian digunakan untuk mengalirkan panas dalam bentuk energy kalor ke suatu proses. Jika air di didihkan sampai menjadi steam, maka volumenya aman meningkat sekitar 1600 kali, menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak, sehigga 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 utnuk menuliskan kerangka pemikiran sebagai konseptual teori yang berhubungan denagn berbagai factor yang telah diindentifikasi 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


Pemanfaatan Boil Off Gas tidak optimal akibat terjadi gas trip pada ketel uap induk
Tekanan gas metana yang masuk ke ketel uap induk terlalu rendah
Suhu gas metana yang masuk ke ketel uap terlalu rendah
Tidak mendeteknya universal transmitter untuk sensor suhu bulkhead low duty Compressor.
Tidak maksimal kinerja steam drain trap pada Low Duty Heater.
-Mengganti universal transmitter dengan suku cadang baru.
-Melakukan pemeriksaan dan pengetesan alat-alat keselamatan
-Mengganti satu set steam drain trap.
- Melakukan perawatan dan perbaikan secara berkala terhadap drain trap.
Gas trip pada ketel uap induk Kawasaki UME 56/48 dapat dihindari sehingga pemanfaatan bahan bakar gas metana menjadi optimal

NAUTANAM AVASYABHAVI
JIVANAM ANAVASYABHAVI

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, dokumantasi, 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 *boil of gas* ketel uap induk.

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

Gas trip terjadi pada sistem boil of gas ketel uap induk pada tanggal 20 Oktober 2016 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.1 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 denagn baik. Utnuk itu kecapatan putaran baling-baling harus diturunkan gar 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 menurukan putaran baling-baling diperlukan 1 menit dalam 1 penurunan putaran per menit dan untuk menaikan putaran baling-baling diperlukan 3 menit dalam 1 kenaikan putaran per menit.

Tabel 3.1 Referensi komposisi LNG dari berbagai kilang gas

Composition of Typical LNG

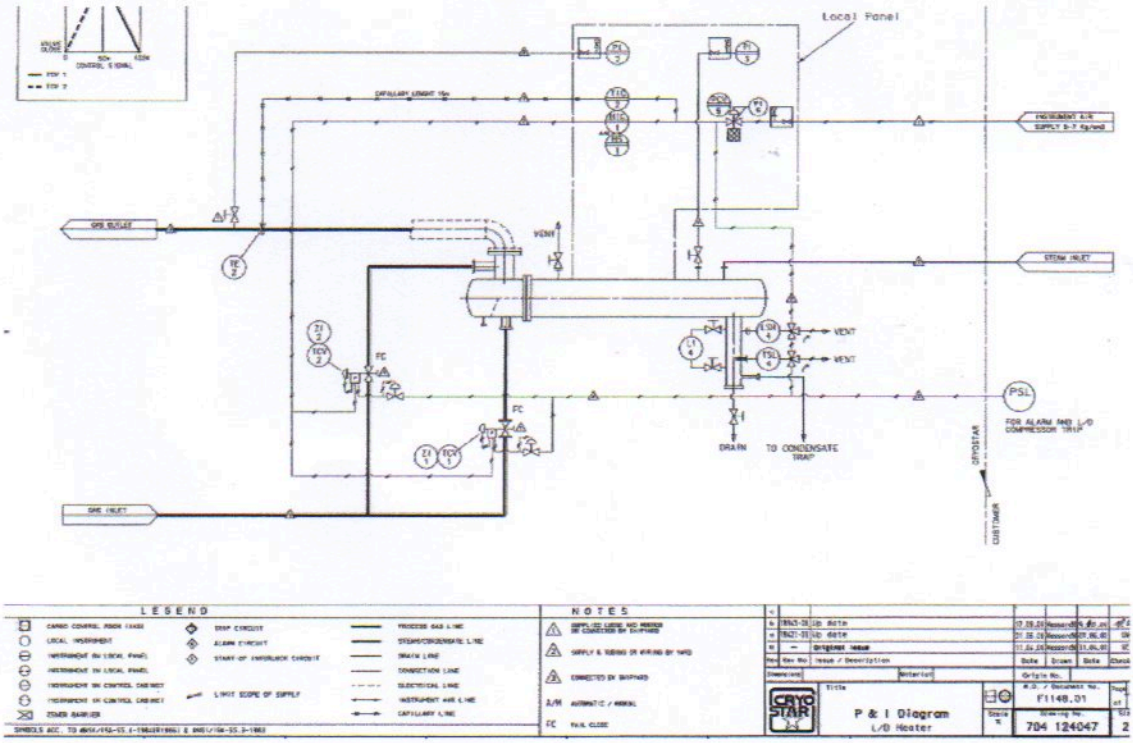
	Methane CH_4	Ethane C_2H_6	Propane C_3H_8	Butane C_4H_{10}	Nitrogen N_2	C5+	Density (kg/m³)
Arzew	87.4	8.6	2.4	0.85	0.35	0.02	466
Bintulu	91.23	4.3	2.95	1.4	0.12	0	457
Bonny	90.4	5.2	2.8	1.5	0.07	0.02	453
Das Is	84.83	13.39	1.34	0.28	0.17	0	465
Badak	91.09	5.51	2.48	0.88	0.03	0	N/A
Arun	89.33	7.14	2.22	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	95.2	3.26	0.42	0.07	0.008	0.81	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

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 of gas* yang menyebabakan *gas trip* pada ketel uap induk menggunakan gas metana yang dimuat dari terminal gas Withnell bay Dampier, Australia. Sesuai tabel referensi kandungan komposisi LNG, niali gas metana yang terkandung di dalam LNG Withnell Bay Dampier adalah 89..02.

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

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 kemabli 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.

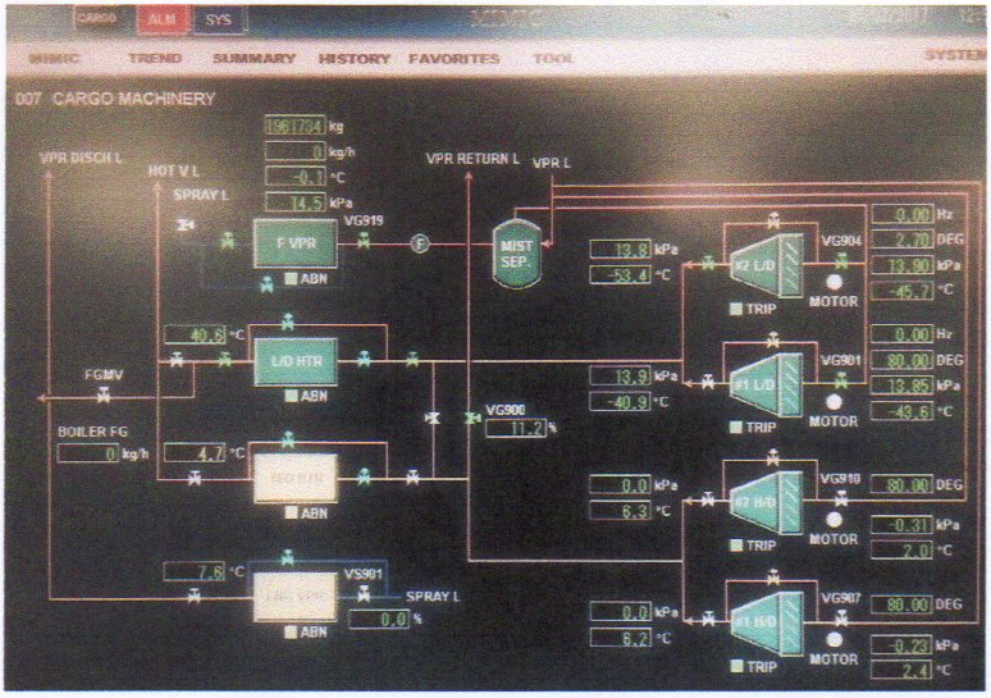


Gambar 3.1 Sistem pemanas gas metana pada LNG/C Energy Frontier.

Rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk menybabkan sistem keselamatan ketel uap induk memberikan signal *gas trip* pada ketel uap induk.

Terjadiny *gas trip* yamg 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 utnuk menggunakan ketel uap induk pada modus *Heavy Fuel Oil.*

Setelah terjadinya *gas trip* yang kedua akibat suhu gas metana yang masuk ke ketel uap utama 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 of gas* ketel uapinduk 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, mengetehui 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 dikalau alat-alat keselamatan pemanas gas metana ini bekerja dengan baik.



Gambar 3.2 parameter sistem *boil of gas* LNG/C Energy Frontier.

B. ANALISA DATA

Data yang telah dikumpulkan dan dijelaskan kemudaian 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 2016. *Gas trip* pertama terjadi pada pukul 20:00 dan diikuti oleh *gas trip* kedua pada sistem *boil of gas* ketel uap induk telah kembali pada modus gs 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 (Energy Frontier *Opertion manual for Low duty compressor, Turbo compressor system type: CM 300/45 L/D*) 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 sebagimana tercantum dalam tabel 3.1 Tabel tersebut kemudian digunakan sebagai acuan dalam proses pemecahan masalah.

Proses pemecahan masalah akan dilakukan dengan mencari ketidak sesuaian ha-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 melakukang 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 memngirimkan 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*

SET POINT LIST
Project: TOKYO GAS

Comm.: F1153.01/02
Date: 23/10/2001
Name: UHL P.

Shipboard compressor CM 300 L/D — P&I N°: 704 124054-01

N°	Item	Tag. Nr.	Duties	Normal Operation Condition	(Instr. Range) Setting range	Action H-HH L-LL	Action Type	Set Point	Signal	Revisions
1	Suction gas pressure	PT1	-	4kPa(g)	(0...200 kPa(g)) -2.5... +20 kPa(g)	-	-	-	4-20mA	
2	Discharge gas pressure	PT2	-	100kPa(g)	(0 .. 200 kPa(g)) 0...110 kPa(g)	-	-	-	4-20mA	a
3	Suction gas temperature	TT 1	-	-140...-40°C	-200...+200°C	-	-	-	4-20mA	
4	Discharge gas temperature TE2A	TT 2A TSHH 2A	-	-103,3...+6,4°C	-200...+200°C	- HH	- T	- +100°C	4-20mA contact	
5	Discharge gas temperature TE2B	TT 2B TSH 2B	-	-103,3...+6,4°C	-200...+200°C	- H	- A	- +90°C	4-20mA contact	
6	IGV start position	ZSL 3	-	-	-	-	I2	-	contact	
7	Surge valve position	ZSH1 ZSL1	- -	- -	- -	- -	I2 -	- -	contact contact	
8	Process gas flow	FT 1	-	2,5 kPa(g)	(0 -62 kPa(g)) 0 - 2.5 kPa(g)	-	-	-	4-20mA	
9	Vibration YE 9	YET 9 YSH 9 YSHH 9	- - -	5...20µm - -	0...100µm - -	 H HH	 A T	 40µm 45µm	4-20mA contact contact	
10	Diff. Press. Oil filter	PDT 7 PDSH 7A	- - -	50 Kpa(g) - -	(0...2100 kPa(g)) 0...700 kPa(g) -	- - H	- - A	- - 250 kPa	4-20mA contact	
11	Oil tank level	LSL 5	-	-	-	L	A ; I1	-	contact	
12	Oil heater temperature	TCV 5	-	-	40°C	-	-	-	-	
13	Temperature oil tank	TSL 5 TSH 5	-	55°C	(-45...+93°C)	L H	A ; I1 A	+25°C +60°C	contact contact	
14	Temperature oil systeme TE8A	TT 8A TSL 8A TSH 8A	- - -	-42°C - -	0...+100°C - -	- L H	- A ; I2 A	- +20°C +55°C	4-20mA contact contact	
15	Temperature oil systeme TE8B	TT 8B TSHH 8B	- -	-42°C -	0...+100°C -	- HH	- T	- +60°C	4-20mA contact	
16	Temperature oil bulkhead TE 10A	TT 10A TSHH 10A	- -	-60°C -	0...+100°C -	- HH	- T	- +80°C	4-20mA contact	a
17	Temperature oil bulkhead TE 10B	TT 10B TSH 10B	- -	-60°C -	0...+100°C -	- H	- A	- +75°C	4-20mA contact	a
18	Bearing temperature TE 9A	TT 9A TSHH 9A	- -	-65°C -	0...+100°C -	- HH	- T	- 75°C	4-20mA contact	
19	Bearing temperature TE 9F	TT 9F TSL 9F TSH 9F	- - -	-65°C - -	0...+100°C - -	- L H	- A ; I2 A	- 15°C +70°C	4-20mA contact contact	
20	Lube oil pressure gearbox	PT 8 PSL 8A	- - -	- 160 kPa(g) - -	(0...1000 kPa(g)) 0...600 kPa(g) -	- - L	- - A ; I2	- - 100 kPa(g)	4-20mA contact	b
21	Lube oil pressure gearbox	PSLL 8A	-	- 160 kPa(g)	(52...1030 kPa(g))	LL	T	80 kPa(g)	contact	
22	Lube oil pressure bulkhead	PSL 8C	-	- 110 kPa(g)	(-100...125 kPa(g))	L	A ; I2	40 kPa(g)	contact	b
23	Lube oil pressure bulkhead	PSLL 8C	-	- 110 kPa(g)	(-100...125 kPa(g))	LL	T	20 kPa(g)	contact	b
24	Seal gas control valve	PCV 11	-	-	25kPa (g)	-	-	-	-	
25	Seal gas pressure	PSL 11	-	25kPa(g)	(-100...125 kPa(g))	L	A ; I1 ; I2	20kPa(g)	contact	b
26	Seal gas pressure	PSLL 11	-	25kPa(g)	(-100...125 kPa(g))	LL	T	15kPa(g)	contact	b
27	IGV position ZE3	ZT3	-	-	-30°...+80°	-	-	-	4-20mA	
28	IP converter control valve	PCV 3A	-	-	200 kPa(g)	-	-	-	-	
29	Hic control valve	PCV 3B	-	-	100 kPa(g)	-	-	-	-	
30	Nozzle actuator control valve	PCV 3C	-	-	600 kPa(g)	-	-	-	-	

T : TRIP
A : ALARM
I1 : Start-up interlock L.O. pump
I2 : Start-up interlock machine

Rev. A le 06.03.02 par UHL P.
Rev. B le 18.03.02 par UHL P.

Set Points List CM300 - 1/1

Settings between parenthesis are from the manufacturer

Setelah dilakukan pemerikasaan 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 utama.**

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 meteana. Menurut buku instruksi manual ((Energy Frontier *Instruction manual forLNG Heat Exchanger2002:18)* menerangkan bahwa ketidak abnormalan dari pemanas gas metana dapat disebabkan oleh berbagai faktor sebagaimana tercantum pada tabel 3.2. tabel tersebut digunakan sebagai acaun dalam mencari solusi dari permasalaha.

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

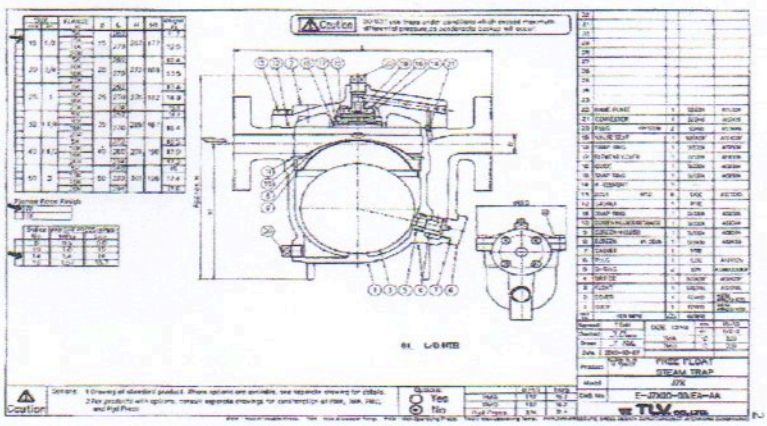
Malfunction	Probable cause
Gas outlet temperature too low	• Steam pressure too low. Non condensable gases not vented from Shell. • Vaporizers/gas heaters overloaded. • Bypass control not property operating
Gas outlet temperature too low	• Too low load. • Bypass control not properly functioning.
Steam pressure in Shell too low	• Vaporizers/gas heaters overloaded. • Blockage in the steam supply.
Condensate level too high	• 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 medasar dalam proses pencarian penyebab permasalahan adalah dengan memeriksa apakah terjadinya ketidaknormalan pada sistem kondensate. Proses penilaian dan identifikasi kondisi sistem kondensat dapad dilakukan dengan memeriksa bagian-bagian yang ada pada sistem kondensat tersebut..

a. Tidak optimalnya kinerja dari pada *Steam Drain Trap*

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 pengukkuran dengan menggunakan thermometer diketemukan 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.

Ketidaksempurnaan kinerja *steam drain trap* menyebabkan uap kondenat terakumulasi didalam penampung kondensat dan mengakibatkan terhambatnya aliran uap kering didalam gas metanan 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 ketidaksepurnaan kinerja *steam drain trap.*



Gambar 3.3 *Steam drain trap*

C. PEMECAHAN MASALAH

Setelah ditemukannya penyebab terjadinya masalah terjadi rendahnya tekanan dan suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap utama 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) Memasanag *"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 randahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk. Rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketal uap ini disebabkan oleh ketidakoptimalan kinerja dari pada *steam drain trap.* Utnuk 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.

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

1) Mengganti *universal transmitter* dengan suku cadang baru

   a) Kelebihan

   Melakuakan 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 kekurangang, 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 biyaya utnuk 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) Kelabihan

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 biyaya 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 brekaitan, sistem tersebut tidak akan menerima siganal 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 setealah dilakukan pemasangan "*by pass*" dan kemudain pemasangan kabel *jumper* tidak maksimal (longgar, tidak pas) maka perlu pemasangan ulang.

(4) Dapat meningkatan resiko kerusakan lebih lanjut jika terjadi kesalahan pada waktu proses pemasangan "*by pass*".

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

Pemecahan masalah pada permasalahan kedua yaitu rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap utama diberikan beberapa beberapa

pilihan alternative. Dari pilihan alternative 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 ketidakoptimalan 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 bekeraja dengan baik kaena masih terdapat kerusakan pada bagian lain yang kebetulan tidak dilakkukan pergantian.
      (2) Diperlukan waktu yang cukup lama utnuk dilakukan pembongkaran bagian- bagian dari *steam drain trap* kemudaian 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 ualng 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 tekana gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk adalah alternartif 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.

Pemecahan masalah kedua utnuk mengatasi rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap induk diambil setelah melakukan pertimbangang pada kelebihan dan kekurangan masing-masing alternatif pemecahan masalah. Pemcahan 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.

NAUYANAM AVASYAGHAVI JIVANAM ANAVASYAGHAVI

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 *boil of gas* disebabkan oleh: terjadinya trip *Low duty Compressor* yang mengakibatkan Tekanan gas metana yang masuk kedalam ketel uap rendah dan trjadinya 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 utama.**

   Rendahnya tekanan gas metana yang masuk kedalam ketel uap utama diakibatkan oleh terjadinya trip Low Duty Compressor yang disebabkan rusaknya *universal transmitter* utnuk *Low Duty Compressor bulk head oil temperature.* Solusi utntuk 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 ut**ama.

   Rendahnya suhu gas metana yang masuk kedalam ketel uap utama diakibatkan oleh terjadinya trip pada *Low Duty Heater* yang diakibatkan oleh tidak bekerjanya *steam darin 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. Pergantian satu set *steam drain trap* dengan suku cadang baru dapat meningkatakan efisiensi dan efektifitas kerja *Low Duty Heater* serta memastikan bahwa sistem *Boil of gas* akan berjalan sempurna

B. SARAN.

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

Solusi pemecahan masalah rendahnya tekanan gas metana yang masuk kedalam ketel uap utama adalah dengan mengganti *universal transmitter* dengan suku cadang baru. Utnuk 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 utama.

Untuk menghidari terjadinya kerusakan pada *steam drain trap* akibat dari jarangnya dilakukan pemerikasaan 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 penyimpanana suku cadang berdasarkan buku jurnal agar mempermudah penentuan suku cadang

NAUYANAM AVASYABHAVI JIVANAM ANIVASYABHAVI

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 *Sistem boil of gas* LNG/C Energy Frontier..... 11

Gambar 2.2 Tanki muatan LNG/C Energy Frontier..... 12

Gambar 2.3 Hubungan antara *Inlet volume flow* dan tekanan buang..... 19

Gambar 2.4 Penukar panas jenis *Shell and tube*..... 20

Gambar 2.5 Penukar panas jenis Plat.....21

Gambar 2.6 *Heat exchanger Parallelflow arrangement*..... 21

Gambar 2.7 *Heat exchanger counterflow arrangement*..... 22

Gambar 2.8 *Heat exchanger cross flow arrangement*..... 22

Gambar 3.1 *Sistem pemanas gas metana pada LNG/C Energy Frontier*.....27

Gambar 3.2 Parameter sistem *boil of gas* LNG/C Energy Frontier.....28

Gambar 3.3 *Steam drain trap*..... 32

Gambar L.1 *Low duty heater out gas temperature (High set)* L.1

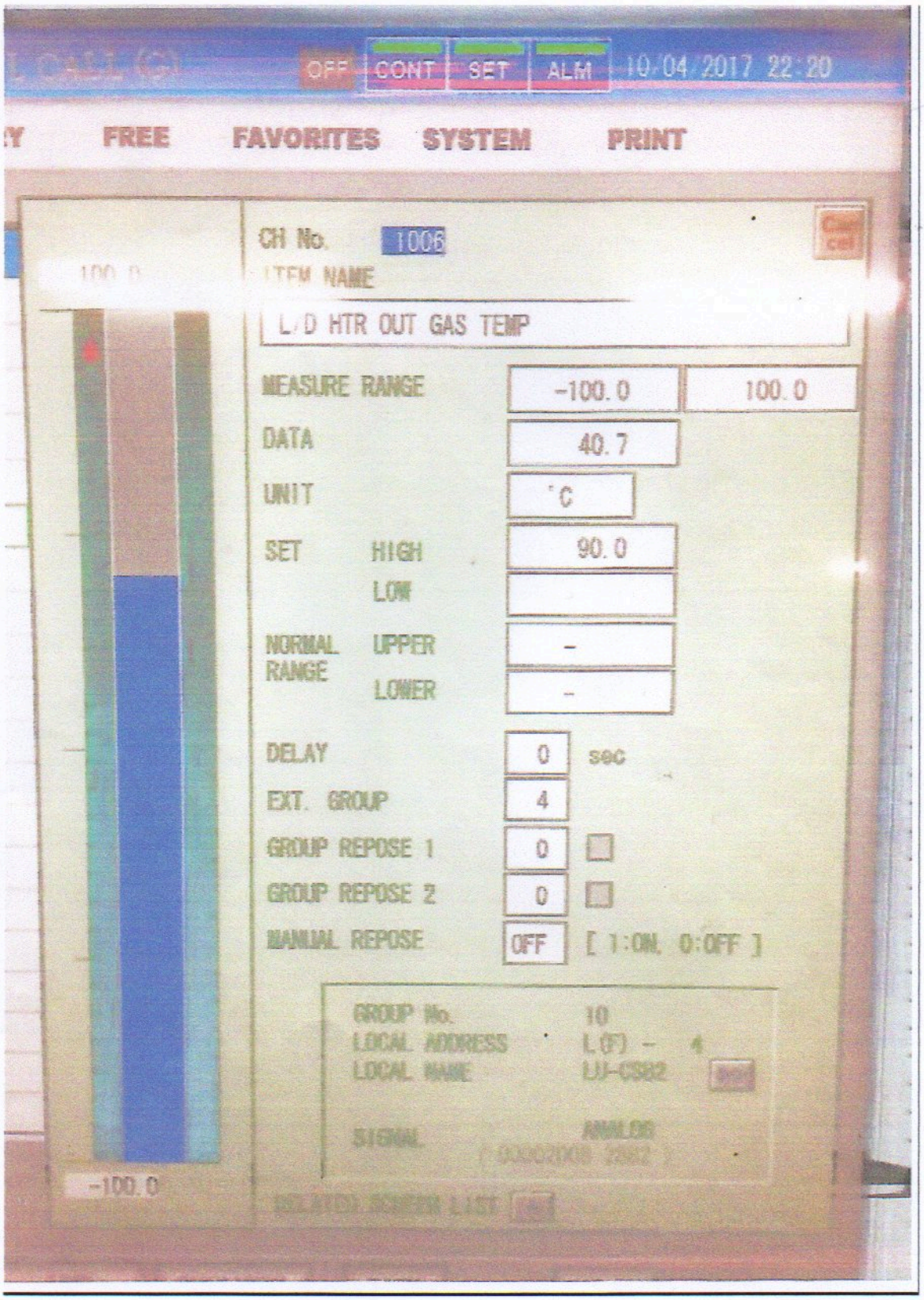
Gambar L.2 *Low duty heater out gas temperature (Low set)* L.2

Gambar L.3 *Low duty Compressor safety device test record* L.3

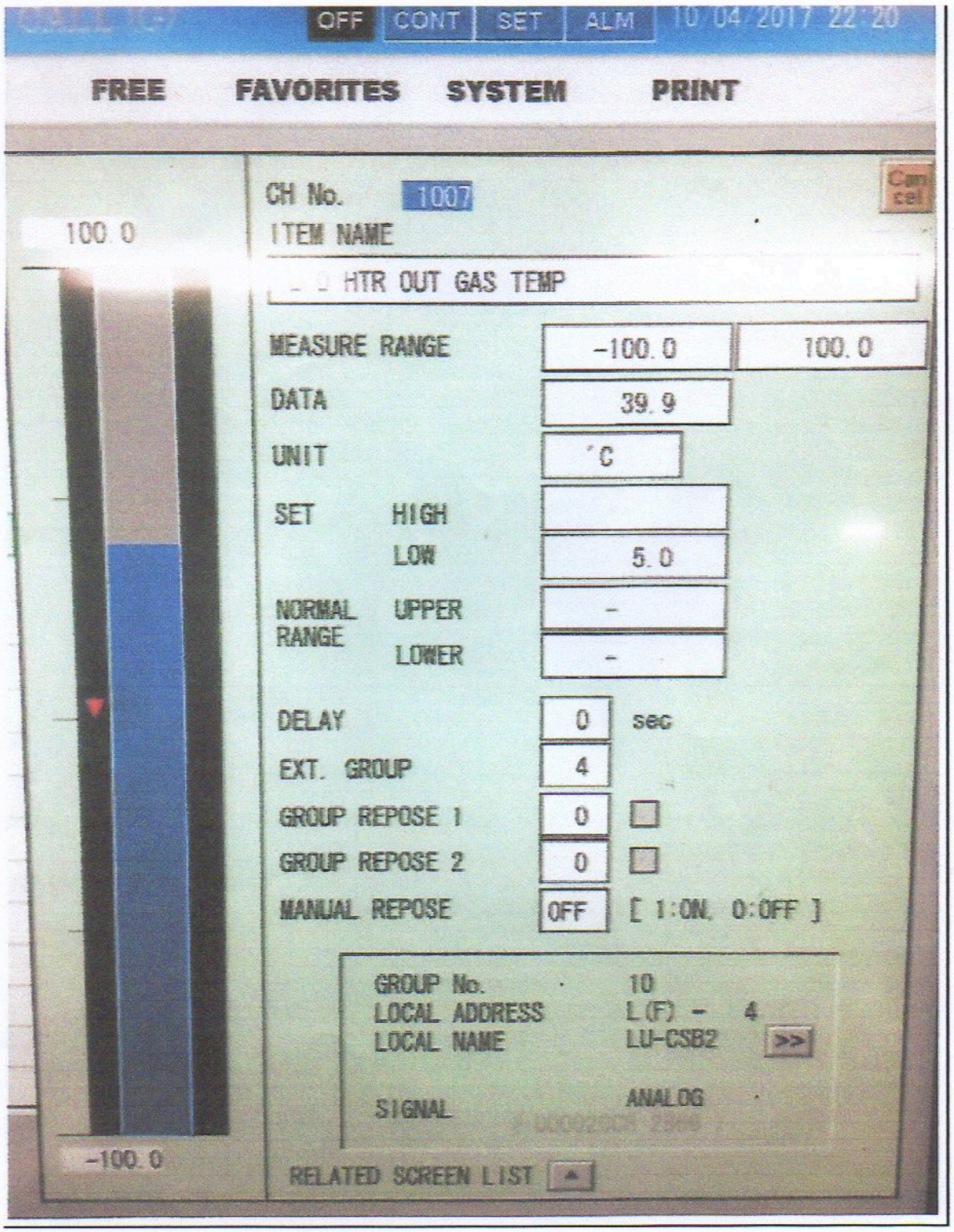
Gambar L.4 *Low duty heater safety device test record* L.4

Gambar L.5 *Low duty heater alarm record* L.5

Gambar L.6 *Set point alarm and trip gas line* L.6



Gambar L.1 *Low duty heater gas out temperature (High set)*



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

NO.1 LOW DUTY GAS COMPRESSOR SAFETY DEVICE TEST

SHIP'S NAME	DATE	TYPE	MANUFACTURE		Person in charge
ENERGY FRONTIER	4-Sep-16	CM300-45/LD	CRYOSTAR		AAN AMINUDDIN

IMCS CH. NO.	INSTRUMENT TAG		ALARM DESCRIPTION	SET POINT		ACTUAL VALUE	IMCS ACTUAL	RESULT	REMARKS
0921	TSHH 2A	TRIP	Discharge Gas Temp.	HH	100°C	99.5°C(138.4Ω)	-	GOOD	
0955	TSH 2B	ALARM		H	80°C	80°C(131.0Ω)	80.1 °C	GOOD	
0929	TSHH 10A	TRIP	Bulkhead Oil Temp.	HH	80°C	79°C(130.7Ω)	-	GOOD	
0961	TSH 10B	ALARM		H	75°C	74.8°C(128.8Ω)	75.0°C	GOOD	
0925	TSHH 9A	TRIP	Bearing Temp.	HH	75°C	74.5°C(128.9Ω)	-	GOOD	
0963	TSH 9F	ALARM		H	70°C	70.1°C(127.0Ω)	70.0°C	GOOD	
0964	TSL 9F	ALARM		L	15°C	14.8°C(105.7Ω)	14.9°C	GOOD	Start-up inte-lock machine
0967	TSH 5	ALARM	Oil Tank Temp.	H	60°C	(Set 60°C)	-	GOOD	
0968	TSL 5	ALARM		L	25°C	(Set 15°C)	-	GOOD	Start-up inte-lock Aux.LO pump
0933	TSHH 8B	TRIP	LO Inlet Temp.	HH	60°C	59.0°C(123.0Ω)	-	GOOD	
0957	TSH 8A	ALARM		H	55°C	55.3°C(121.3Ω)	55.2°C	GOOD	
0958	TSL 8A	ALARM		L	20°C	19.8°C(107.7Ω)	19.8°C	GOOD	Start-up interlock machine
0949	-	ALARM	Motor Bearing Temp. (FWD)	H	85°C	85°C(132.8Ω)	85.4°C	GOOD	
0950	-	ALARM	Motor Bearing Temp. (AFT)	H	85°C	85°C(132.7Ω)	85.1°C	GOOD	
0927	PSLL 11	TRIP	Seal Gas Pressure	LL	15kPa	13 kPa	-	GOOD	
0937	PSL 11	ALARM		L	20kPa	18 kPa	-	GOOD	Start-up interlock machine & Aux.LO PP
0935	PSLL 8A	TRIP	Gear Box LO Press.	LL	80kPa	75.1 kPa	-	GOOD	
0945	PSL 8A	ALARM		L	100kPa	99.3 kPa	100 KPa	GOOD	Automatically start Aux.LO pump Start-up interlock machine
0931	PSLL 8C	TRIP	Bulkhead LO Press.	LL	20kPa	21.3 kPa	-	GOOD	
0947	PSL 8C	ALARM		L	40kPa	39.6 kPa	-	GOOD	Automatically start Aux.LO pump Start-up inte-lock machine
0943	PDSH 7A	ALARM	LO Filter Differential Press.	H	250kPa	251.2kPa	250 KPa	GOOD	
0973	LSL 5	ALARM	Oil Tank Level	L	NL-5min	OK	-	GOOD	Start-up interlock Aux.LO pump
0923	YSHH 9	TRIP	Rotor Vibration	HH	45μm	45μm	-	GOOD	
0982	YSH 9	ALARM		H	40μm	40μm	-	GOOD	

Jr 1st ENGINEER AAN AMINUDDIN

CHIEF ENGINNER KUNIHIRO SEKINE

Gambar L.3 *Low duty Compressor safety device test record*

CARGO PART HEAT EXCHANGER SAFETY DEVICE TEST

SHIP'S NAME	DATE	MANUFACTURER	Person in charge		
ENERGY FRONTIER	05/09/2016	CRYOSTAR FRANCE S.A.	J1/E AAN AMINUDDIN		

NAME	IMCS CH.No.	ACTION	ALARM MONITORING	SET POINT	ACTUAL VALUE	IMCS ACTUAL DATA	RESULT	REMARK
HIGH DUTY HEATER	1003	TRIP	DRAIN POT LEVEL HIGH	176mm	OK	OK	GOOD	FCV & TCV CLOSE
	1003	TRIP	DRAIN POT TEMP. LOW	82°C	OK	OK	GOOD	
	1001	ALARM	OUTLET GAS TEMP HIGH	90°C	90.8°C(135.0Ω)	90.1°C	GOOD	
	1002	ALARM	OUTLET GAS TEMP LOW	5.0°C	4.9°C(101.8Ω)	4.6°C	GOOD	
LOW DUTY HEATER	1008	TRIP	DRAIN POT LEVEL HIGH	176mm	OK	OK	GOOD	FCV & TCV CLOSE
	1008	TRIP	DRAIN POT TEMP. LOW	82°C	OK	OK	GOOD	
	1005	ALARM	OUTLET GAS TEMP HIGH	90°C	90°C(134.7Ω)	90.0°C	GOOD	
	1007	ALARM	OUTLET GAS TEMP LOW	10°C	10°C(103.9Ω)	10°C	GOOD	
LNG VAPORIZER	1013	TRIP	DRAIN POT LEVEL HIGH	176mm	OK	OK	GOOD	FCV & TCV CLOSE
	1013	TRIP	DRAIN POT TEMP. LOW	82°C	OK	OK	GOOD	
	1011	ALARM	OUTLET GAS TEMP HIGH	80°C	82.0°C(131.9Ω)	81.2°C	GOOD	
	1012	ALARM	OUTLET GAS TEMP LOW	-70°C	-71.2°C(72.8Ω)	-71°C	GOOD	
FORCING VAPORIZER	1019	TRIP	DRAIN POT LEVEL HIGH	176mm	OK	OK	GOOD	FCV & TCV CLOSE
	1019	TRIP	DRAIN POT TEMP. LOW	82°C	OK	OK	GOOD	
	1016	ALARM	OUTLET GAS TEMP HIGH	80°C	80°C(130.8Ω)	80.0°C	GOOD	
	1017	ALARM	OUTLET GAS TEMP LOW	-70°C	-80°C(67.0Ω)	-80°C	GOOD	
MIST SEPARATOR	1022	ALARM	LEVEL HIGH	258mm	OK		GOOD	

Jr 1st ENGINEER AAN AMINUDDIN

CHIEF ENGINNER KUNIHIRO SEKINE

Gambar L.4 *Low duty Heater safety device test record*

Gambar L.5 *Low duty Heater alarm record*

SET POINT ALARM & TRIP GAS LINE	
FG HE[illegible] S. ALARM	67 Kpa
FG HEADER HIGH HIGH PRESS. TRIP	71.9 Kpa
FG HEADER LOW PRESS ALARM	1.60 Kpa
FG HEADER LO[illegible] LOW PRESS. TRIP	0.9 Kpa
FG HEADER HIGH TEMP. ALARM	50°C
FG HEADER LOW TEMP. ALARM	2°C
FG HE[illegible]ER LOW LOW TEMP AL[illegible]RM TRIP	−10°C

	MEASURI[illegible]	TEST [illegible]OD	SET POINT	DELAY TIMER (sec.)
F.O. TRIP	F.O. BURNER HEADER PRESS. LL	g)	0.15±0.01 MPaG (F.O.) 0.12±0.01 MPaG (DUAL)	3
	ATOMIZING STEAM PRESS. LL	b)	0.15±0.01 MPaG	2
	F.O. TEMP. LL	k)	70±3 °C	-
BOILER TRIP	FLAME FAILURE OF ALL BURNERS	c)	FAIL	-
	STEAM DRUM LEVEL LL	a)	200 mm +0 -5 UNDER N.W.L.	10
	FORCED DRAFT FAN STOP	d)	STOP	-
	ELECTRIC POWER FAIL (INCL. BLACK OUT)	f)	FAIL	-
	HAND TRIP FROM MCC	e)	TRIP	-
	HAND TRIP FROM BGB	e)	TRIP	-
	CONTROL AIR PRESS. L	h)	0.55±0.01 MPaG	10
	BMS CONTROLLER ABNORMAL	i)	ABNORMAL	-
	S.H. OUTLET TEMP. HH	j)	550±5 °C	-

Gambar L.6 Main boiler *Set point alarm and Trip gas line*

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3.1 Penyebab-penyebab abnormal stop *Low duty compressor*.... 30

Tabel 3.2 Penyebab-penyebab tidak normalnya pemanas gas metana...31

DAFTAR SINGKATAN

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 Fuel Oil
NBOG	Natural Boil Of Gas
NOx	Nitrogen Oxide
SOx	Sulfhur Oxide

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
Cp/Cv	rasio spesifikasi panas	--
n	eksponent polytropic	--
H*is*	Isentropic head	ft-lbf/lbm
Zavg	Faktor rata-rata komprensi	--
T*s*	Suction temperature	°R
T*d*	Discharge temperature	°R
S	Masa jenis gas	--
	(standar udara atmosphere = 1.00)	
P*d*	Discharge Pressure	psia
P*s*	Suction pressure	psia
H*p*	Polytropic head,	ft-lbf/lbm
n*p*	Polyntropic efficiency	--
n*is*	Isentropic efficiency	--
k	Rasio spesifikasi panas,	C*p*/C*v*
P	Tekanan	
N	Number of moles	–
R	Constanta spesifik gas –	
T	Temperatur	
MW	Berat molekul	--
R	Universal gas constant = 1,545	--
Zs	Compressibility at inlet	
Qg	Standard volume flow	MMscf/D
GHP	Gas power, horse power	–
W	Mass flow	lbm/min
P_1	Inlet pressure	psia
V_1	Inlet volume	ACFM
P_2	Discharge pressure	psia
CE	Compression efficiency	
	(assume 0.85 for estimating purposes)	
T_2	Estimated absolute discharge temperature	°R
T_1	Specified absolute suction temperature	°R

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Kapal Energy Frontier

Lampiran 2 Daftar Anak Buah Kapal Energy Frontier

S.S. ENERGY FRONTIER

Ship's Particulars

1. Ship Name	:	ENERGY FRONTIER
2. Owner	:	Tokyo LNG Tanker Co., Ltd. (IMO Company Identification Number : 1966015)
3. Operator	:	MOL LNG TRANSPORT. Co. Ltd.
4. Hull No.	:	1520
5. Builder	:	Kawasaki Shipbuilding Corporation, Sakaide Shipyard
6. Keel Laid	:	26th June 2002
7. Keel Launching	:	8th November 2002
8. Delivery	:	16th September 2003
9. Classification	:	NK, NS* (Tanker, Liquefied Gases, Max. Press. 25kPaG and Min. Temp. −163oC, Type 2G), Class ID Ice Strengthening, Design Temp. T Db for Hull Structure, MNS* (M0.B), PMM, BRS1
10. Nationality	:	Japan
11. Port of Registry	:	Tokyo
12. Official Number	:	137173
13. Signal Letter	:	JPTX
14. Class Number	:	032027
15. IMO Number	:	9245720
16. MMSI	:	432420000 (Maritime Mobile Service Identities)
17. Service Route	:	Ocean Going
18. Kind of Cargo	:	Liquefied Natural Gas
19. Kind of Ship	:	LNG Carrier
20. Type of Ship	:	Flush Decker Type (without Forecastle, with Sunken Deck at Stern Part) and shall have a Bulbous Bow, Transom Stern, Mariner Type Stern Frame, Single Rudder with Rudder Bulb with Fins, and single Screw driven by a slow speed Steam Turbine.
21. Tonnage	:	International Gross : 119,393 T Net : 35,817 T
	:	Suez Tonnage Gross : 126068.09 T Net : 112813.47 T
22. L .O. A.	:	289.53 m
23. L .P. P.	:	277.00 m
24. B mld	:	49.00 m
25. D mld	:	27.00 m
26. Summer Draft (mld)	:	11.600 m
27. Deadweight	:	73,795 T
28. ID number	:	INMARSAT-C 443242010 INMARSAT-C (email) 443242011@satcmail.com E-mail energyfrontier@marine-onair.net FBB (TEL) 773-192765 FBB (FAX) 783-196765 V-SAT (TEL) +81-50-2018-0970 ID for DSC (MF/HF/VHF) 43242000 ID for NBDP (5 digit) 71714 JPTX X ID for NBDP (9 digit) 432420000 JPTX X ID for Satellite EPIRB 43242000

Master of ENERGY FRONTIER
TAKUMI SAKAMOTO

乗 組 員 名 簿
CREW LIST

○下船者(Disembarking Crew)

			X 到着 Arrival			出発 Departure	Page No.1
1. 船舶の名称 Name of ship			2. 到着港※／出発港※ Port of **arrival**/~~departure~~			3. 到着日※／出発日※ Date of **arrival**/~~departure~~	
ENERGY FRONTIER			Yokohama (Ohgishima), Japan			November 24 ,2016	
4. 船舶の国籍 Nationality of ship			5. 次寄港地※ Next Port			6. 身分証明書(乗員手帳)の種類及び番号 Nature and No. of identity document (seaman's passport)	
JAPAN			Prigorodnoye, Russian Federation				
7. 番号 No.	8. 氏名 Family name, given names	9. 職名 Rank or rating	10. 国籍 Nationality	11. 生年月日、出生地※ Date and place of birth			
O1	SAKAMOTO, TAKUMI	Master	Japanese	21-Nov-1969	Japanese	Moji 32560-3	17-Dec-2022
O2	KANEKO, MITSUHIRO	Chief Officer	Japanese	20-Mar-1972	Japanese	Tokyo 60821-3	24-May-2026
3	IRWAN HASUDUNGAN SIMANJUNTAK	First Officer	Indonesian	15-Dec-1985	Indonesian	E082010	02-Jun-2019
4	FUKUOKA, MASAYUKI	Jr. First Officer	Japanese	28-May-1980	Japanese	KOBE 63019-2	20-Aug-2023
5	MUHAMMAD IQBAL	Second Officer	Indonesian	15-Jan-1988	Indonesian	E082001	02-Jun-2019
6	GINANJAR YANDIONO ADI	Third Officer	Indonesian	21-Dec-1990	Indonesian	E081347	25-May-2019
7	NISHIYAMA, YU	Jr.Third Officer	Japanese	09-May-1987	Japanese	KOBE 68861	30-Oct-2022
8	OGAWA, MASASHI	Chief Engineer	Japanese	05-Apr-1965	Japanese	Tokyo 56608-4	29-Aug-2026
9	KAJIKAWA, YOSHIKAZU	First Engineer	Japanese	21-Jul-1983	Japanese	YOKOHAMA 108907-2	20-Jun-2026
O10	AAN AMINUDDIN	Jr. First Engineer	Indonesian	26-Oct-1984	Indonesian	E028840	07-Apr-2019
11	RYANDHIO ANJARSUSILO	Second Engineer	Indonesian	21-Aug-1991	Indonesian	E108574	18-Aug-2019
12	SARHADIONO	Third Engineer	Indonesian	27-Mar-1986	Indonesian	E094185	14-Jul-2019
13	SYAIFUL ANWAR ZULKIFLI	Boatswain	Indonesian	12-Nov-1966	Indonesian	D067216	09-Apr-2018
14	HARDI MANSYUR	Able Seaman (A)	Indonesian	07-Apr-1961	Indonesian	E080982	18-May-2019
15	SUNARTO	Able Seaman (B)	Indonesian	10-Jan-1959	Indonesian	E120755	29-Sep-2019
16	UDIN	Able Seaman (C)	Indonesian	21-Mar-1973	Indonesian	E103706	01-Aug-2019
17	FUADU	Able Seaman (D)	Indonesian	07-Jul-1979	Indonesian	E081272	23-May-2019
18	NOVEL LEFRAND PAOMEY	Able Seaman (E)	Indonesian	14-Oct-1975	Indonesian	A050977	12-Jun-2017
19	FAHRUL ULUM	Able Seaman (F)	Indonesian	04-Dec-1979	Indonesian	E080981	18-May-2019
O20	SLAMET SETIADI	Ordinary Seaman	Indonesian	10-Sep-1974	Indonesian	C079255	22-Jul-2017
21	HARYONO	No. 1 oiler	Indonesian	03-Jan-1974	Indonesian	C068538	03-Jun-2017
O22	MOHAMAD RIAN	Oiler (A)	Indonesian	11-Jan-1976	Indonesian	E084796	20-Apr-2019
23	SONY MARIEDU	Oiler (B)	Indonesian	12-Jun-1982	Indonesian	E081606	12-May-2019
24	ACHMAD	Oiler (C)	Indonesian	28-Jan-1968	Indonesian	E120066	19-Sep-2019
25	ZAINAL ABIDIN	Oiler (D)	Indonesian	16-Sep-1984	Indonesian	E104583	27-Jul-2019
O26	SUJONO	Wiper	Indonesian	20-Apr-1982	Indonesian	E120437	23-Sep-2019
O27	MUHAMMAD RIDOI	Chief Steward	Indonesian	30-Mar-1969	Indonesian	B074713	07-Jun-2018
28	HASRAN IMRAN	Cook	Indonesian	08-Apr-1982	Indonesian	E096758	09-Jun-2019
29	MOHAMMAD HASAN	Cook	Indonesian	10-Oct-1964	Indonesian	E117644	23-Sep-2019
30	BERTUA MAULIATE SITOMPUL	Mess Man	Indonesian	09-Jan-1982	Indonesian	B069719	16-May-2018

12. 日付及び船長又は委任を受けた代理人若しくは船舶の職員による署名
Date and signature by master, authorized agent or officer

November 24 ,2016

(注) ※の付されている項目については記入不要。
Note it is not necessary to fill in the item marked "※".

Master of ENERGY FRONTIER

NAUYANAM AVASYABHAVI
JIVANAM ANAVASYABHAVI

DAFTAR PUSTAKA

William C. Reynolds, Henry C. Perkins, *Engineering Thermodynamics,* terj. 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 Fundamnetals and Design* (S. Kakac, A. E. Bergles, and F. Mayinger, eds.), Hemisphere, Washington, DC, 1981, pp. 9-46

Kawasaki Ship Building Corporation, Energy Frontier Machinery Operating Manual (Sakaide Ship yard: ship design Department 2002).

Depdikbud, Kamus Besar Bahasa Indonesia, 1995