KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

STIP
JAKARTA

SKRIPSI

OPTIMALISASI PROSES PENDINGINAN *CARGO TANK* SEBELUM *LOADING* MUATAN *METHANE* DI KAPAL LNG/C GOLDEN ISAIA

Oleh:

AEFRIL IRANDA GULTOM
NRP. 365221387

PROGAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
JURUSAN NAUTIKA
JAKARTA
2026

Dipindai dengan CamScanner

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

STIP
JAKARTA

OPTIMALISASI PROSES PENDINGINAN *CARGO TANK* SEBELUM *LOADING* MUATAN *METHANE* DI KAPAL LNG/C GOLDEN ISAIA

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Untuk Penyelesaian Progam Pendidikan Diploma IV

Oleh :

AEFRIL IRANDA GULTOM
NRP. 365221387

PROGAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
JURUSAN NAUTIKA
JAKARTA
2026

Dipindai dengan CamScanner

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama	:	Aefril Iranda Gultom
NRP	:	365221387
Progam Pendidikan	:	Diploma IV
Jurusan	:	Nautika
Judul	:	Optimalisasi Proses Pendinginan *Cargo Tank* Sebelum *Loading* Muatan *Methane* Di Kapal LNG/C Golden Isaia.

Jakarta, 19 Juni 2026



AEFRIL IRANDA GULTOM

Dipindai dengan CamScanner

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

STIP
JAKARTA

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama	:	Aefril Iranda Gultom
NRP	:	365221387
Progam Pendidikan	:	Diploma IV
Jurusan	:	Nautika
Judul	:	Optimalisasi Proses Pendinginan *Cargo Tank* Sebelum *Loading* Muatan *Methane* Di Kapal LNG/C Golden Isaia.

Jakarta, 19 Juni 2026

Pembimbing Utama	Pembimbing Pendamping
Capt. Bhima Siswo Putro, S.Si. T., M. M	Imam Fahchrudin S.SI., M.SC., M.Sc
Penata (III/c)	Penata Muda Tingkat I / III/b
NIP. 197305262008121001	NIP. 198811202015031001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Nautika

Capt. Suhartini, S.SiT., M.M.Tr
Penata (III/d)
NIP. 198003072005022002

Dipindai dengan CamScanner

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul:

"OPTIMALISASI PROSES PENDINGINAN *CARGO TANK* SEBELUM *LOADING* MUATAN *METHANE* DI KAPAL LNG/C GOLDEN ISAIA"

Penulisan skripsi ini dilatarbelakangi oleh ketertarikan penulis terhadap proses pendinginan (*cooldown*) *Cargo Tank* yang sering dianggap sebagai prosedur rutin, namun dalam praktiknya memiliki peran penting terhadap kelancaran operasi muatan. Berdasarkan pengalaman penulis selama melaksanakan praktik berlayar, ditemukan bahwa faktor-faktor seperti perubahan jadwal operasional dan ketidakstabilan BOG seringkali menjadi penyebab kurang optimalnya proses pendinginan, namun belum mendapatkan perhatian yang cukup. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk mengkaji permasalahan tersebut secara lebih mendalam.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis telah melakukan pengumpulan data selama melaksanakan praktik berlayar di kapal LNG/C Golden Isaia. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik tanpa adanya bimbingan, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Capt. Tri Cahyadi, M.H., M.Mar. Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh pendidikan.
2. Bapak Capt Bhima Siswo Putro, S.Si. T., M. M, selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan waktu dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Imam Fahchrudin S.SI., M.SC., M.Sc selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan dukungan, ilmu, dan bimbingan selama proses penyusunan skripsi.
4. Seluruh dosen dan staf administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta yang telah memberikan ilmu dan bantuan selama masa perkuliahan.
5. Perusahaan PT. Equinox Bahari Utama yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan praktik berlayar.

Dipindai dengan CamScanner

6. Nakhoda, *Chief Officer*, serta seluruh *crew* kapal LNG/C Golden Isaia yang telah memberikan bimbingan, pengalaman, dan bantuan selama proses pengambilan data.
7. Yang tercinta kedua orangtua saya yang telah berjuang keras, mendidik dan membesarkan dengan penuh kasih sayang serta selalu menjadi inspirasi dan penyemangat penulis.
8. Kepada Teman-teman English Team LXV, teman-teman kamar penulis di N-101 dan seluruh teman penulis di Angkatan 65 Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia yang selalu berbagi keceriaan dan cerita terbaik kepada penulis.
9. Putra, terima kasih yang tak terhingga atas segala dukungan, kesabaran dan canda tawa selama proses penulisan skripsi ini.
10. Dan kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-per satu yang telah membantu penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.
11. Terakhir, terima kasih untuk diri sendiri, karena telah berjuang dan bertanggung jawab untuk menyelesaikan Pendidikan ini,yang selalu berusaha dan bertahan untuk selalu menikmati proses yang tidak mudah ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan, baik dari segi penulisan maupun isi. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan pihak-pihak yang berkepentingan.

Jakarta, 19 Juni 2026

AEFRIL IRANDA GULTOM

Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR ISI

Halaman

SAMPUL DALAM……..……i

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS ..... Error! Bookmark not defined.

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI ..... Error! Bookmark not defined.

TANDA PENGESAHAN SKRIPSI..... Error! Bookmark not defined.

DAFTAR ISI..... i

DAFTAR GAMBAR..... iii

DAFTAR TABEL iv

DAFTAR SINGKATAN..... v

DAFTAR ISTILAH vi

DAFTAR LAMPIRAN..... viii

ABSTRAK ix

***ABSTRACK*..... x**

BAB I: PENDAHULUAN 1

A. LATAR BELAKANG MASALAH 1

B. IDENTIFIKASI MASALAH 5

C. BATASAN MASALAH 5

D. RUMUSAN MASALAH 6

E. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN..... 6

F. SISTEMATIKA PENULISAN 7

BAB II: LANDASAN TEORI..... 9

A. TINJAUAN PUSTAKA..... 9

B. PENELITIAN TERDAHULU 28

C. KERANGKA PEMIKIRAN 31

BAB III: METODE PENELITIAN..... Error! Bookmark not defined.

A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN ..... **Error! Bookmark not defined.**

B. METODE PENDEKATAN..... **Error! Bookmark not defined.**

C. SUMBER DATA..... **Error! Bookmark not defined.**

D. TEKNIK PENGUMPULAN DATA .. **Error! Bookmark not defined.**

E. POPULASI, SAMPEL DAN TEKNIK SAMPLING ..... **Error! Bookmark not defined.**

F. TEKNIK ANALISIS DATA..... **Error! Bookmark not defined.**

BAB IV: ANALISIS DAN PEMBAHASAN..... Error! Bookmark not defined.

A. DESKRIPSI DATA..... **Error! Bookmark not defined.**

B. ANALISIS DATA..... **Error! Bookmark not defined.**

C. ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH.... **Error! Bookmark not defined.**

D. EVALUASI TERHADAP ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH ..... **Error! Bookmark not defined.**

E. PEMECAHAN MASALAH ..... **Error! Bookmark not defined.**

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN..... 33

A. KESIMPULAN 33

B. SARAN..... 34

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2. 1 Cooling Down Cargo Tanks Prior to Arrival on Ballast Voyage 17
Gambar 2. 2 Membrane Cargo Containment (GTT Mark III) 19
Gambar 2. 3 Stripping/Spray pumps 21
Gambar 2. 4 Kerangka Pemikiran 32
Gambar 3. 1 Foto penulis melaksankan Prala di kapal LNG/C Golden isai……..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 3. 2 *Fishbone Analysis diagram* 39
Gambar 4. 1 LNG/C Golden Isaia 43
Gambar 4. 2 *Trend* Pembentukan BOG disaat proses *cooldown* berlangsung 45
Gambar 4. 3 Peringatan Dini Cuaca Wilayah Papua Barat Tanggal 2 Januari 2025 47
Gambar 4. 4 *Email* Pemberitahuan dari Pihak terminal terkait perubahan jadawal 48
Gambar 4. 5 *Email Notice* penundaan ketibaan kapal kepada *owner* dan *charterer* 49
Gambar 4. 6 Peningkatan *Tank pressure* akibat cuaca buruk & perubahan haluan kapal 50
Gambar 4. 7 Fluktuasi *Tank pressure* selama proses *Cooldown* 50
Gambar 4. 8 Grafik Penurunan *tank temperature* 52
Gambar 4. 9 *Fish bone* diagram Pengaruh perubahan Jadwal 55
Gambar 4. 10 *Fishbone Analysis* pengaruh BOG 60

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. 1 Jadwal Kapal LNG/C Golden Isaia 4
Tabel 2. 1 Physical Properties of LNG Components 11
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu 28

DAFTAR SINGKATAN

BPSDM	Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia
CCR	*Cargo Control Room*
ECR	*Engine Control Room*
IGC *Code*	*International Gas Carrier Code*
IMO	International Maritime Organization.
IMSBC *Code*	*International Maritime Solid Bulk Cargo Code*
ISGOTT	*International Safety Guide for Oil Tanker & Terminal*
ISM *Code*	*International Safety Management Code*
ISM *Code*	International Safety Management code.
KBBI	Kamus Besar Bahasa Indonesia
KR	*Korean Register*
LNG	*Liquid Natural Gas*
LPG	*Liquified Petroleum Gas*
LTD	*Limited Company*
MLC	*Maritime Labour Convention*
MARPOL	*Marine Pollution*
MV	*Motor Vessel*
MT	*Metric Tons*
PSC	*Port State Control*
SAR	*Search And Rescue*
SCBA	*Self Contained Breathing Apparatus*
SDM	Sumber Daya Masyarakat.
SMK	Sistem Manajemen Keselamatan
SMS	*Satey Management System*
SOLAS	*Safety Of Life At Sea*
SOP	*Standard Operational Procedure*

STCW	*Standard Of Training and Certification Of Watchkeeping*
STIP	Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran

DAFTAR ISTILAH

BOG (Boil Off Gas)	BOG adalah gas yang terbentuk akibat penguapan LNG karena adanya perpindahan panas dari lingkungan ke dalam tangki. BOG harus dikendalikan agar tekanan dalam *Cargo Tank* tetap stabil selama proses pendinginan maupun pelayaran.
Cargo Tank	*Cargo Tank* adalah tangki khusus pada kapal LNG yang digunakan untuk menyimpan muatan LNG pada suhu kriogenik sekitar -160°C dengan sistem isolasi termal untuk menjaga kondisi cair**.**
Cooldown	*Cooldown* adalah proses pendinginan *Cargo Tank* secara bertahap sebelum pemuatan LNG dengan menggunakan spray LNG (*heel*) untuk menurunkan temperatur tangki hingga mencapai suhu aman guna mencegah *thermal shock***.**
Cryogenic Temperature	*Cryogenic Temperature* adalah kondisi suhu sangat rendah, umumnya di bawah -150°C, yang digunakan dalam penyimpanan LNG agar tetap dalam fase cair.
Heel LNG	*Heel* LNG adalah sisa muatan LNG yang tersisa di dalam *Cargo Tank* yang digunakan kembali sebagai media pendingin dalam proses *cooldown* sebelum *loading*.
IAS	IAS adalah sistem otomatisasi terintegrasi yang digunakan untuk memantau dan mengendalikan berbagai parameter operasional kapal, termasuk tekanan, temperatur, dan sistem cargo secara *real-time*.

LNG (*Liquefied Natural Gas*)	LNG adalah gas alam yang dicairkan dengan cara didinginkan hingga sekitar -160°C sehingga volumenya berkurang dan lebih mudah disimpan serta diangkut.
LD *Compressor*	LD *Compressor* adalah kompresor yang digunakan untuk mengatur dan mengendalikan tekanan dalam *Cargo Tank* dengan cara menghisap dan mengalirkan BOG ke sistem pemanfaatan gas.
Membrane Tank	*Membrane Tank* adalah jenis tangki LNG dengan sistem lapisan tipis (*membrane*) yang didukung oleh sistem isolasi, dirancang untuk menahan LNG pada suhu kriogenik tanpa merusak struktur kapal.
Tank Pressure	*Tank Pressure* adalah tekanan yang terdapat dalam *Cargo Tank* akibat penguapan LNG (BOG) yang harus dijaga dalam batas aman selama operasi.
Spray Pump	*Spray Pump* adalah pompa kriogenik yang digunakan untuk menyemprotkan LNG ke dalam *Cargo Tank* selama proses *cooldown* untuk menurunkan temperatur tangki secara bertahap.
Thermal Shock	*Thermal Shock* adalah kerusakan material yang terjadi akibat perubahan suhu yang sangat cepat dan ekstrem, yang dapat menyebabkan retak pada struktur tangki.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengajuan Sinopsis
Lampiran 2 Lembar Bimbingan
Lampiran 3 Hasil Turnitin
Lampiran 4 *Cargo Operating Manual*
Lampiran 5 S*afety Data Sheet* LNG
Lampiran 6 *Ship's Particular* of Golden Isaia
Lampiran 7 Dokumentasi Penulis melaksanakan Praktek laut diatas kapal
Lampiran 8 Dokumentasi Penulis Mengamati proses cooldown di CCR
Lampiran 9 Dokumentas*i Pre–arrival meeting* dan *breefing cooldown cargo tank*
Lampiran 10 Hasil wawancara dengan *Chief Officer*
Lampiran 11 Hasil Wawancara dengan *Chief engineer*
Lampiran 12 Hasil Wawancara dengan *Gas engineer*
Lampiran 13 Hasil Wawancara dengan *Second Officer*

ABSTRAK

Gultom, Aefril Iranda. **2026.** *"Optimalisasi Proses Pendinginan Cargo Tank Sebelum Loading Muatan Methane di Kapal LNG/C Golden Isaia"*

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengoptimalkan proses pendinginan (*cooldown*) Cargo Tank sebelum kegiatan *loading* muatan methane di kapal LNG/C Golden Isaia. Proses ini penting untuk memastikan suhu tangki aman dan mencegah *thermal shock*. Namun, dalam pelaksanaannya sering terjadi ketidakefisienan akibat perubahan jadwal kapal dan ketidakstabilan *Boil Off Gas* (BOG) yang memengaruhi tekanan serta konsumsi *heel* LNG. Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan teknik observasi, wawancara, dan dokumentasi selama praktik laut. Data dianalisis menggunakan *Fishbone Analysis* untuk mengetahui akar permasalahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan jadwal memengaruhi durasi pendinginan, sedangkan ketidakstabilan BOG menyebabkan fluktuasi tekanan yang menghambat proses *cooldown*. Kondisi ini menurunkan efisiensi operasional dan berpotensi meningkatkan risiko keselamatan. Optimalisasi dapat dilakukan melalui perencanaan yang adaptif, pengendalian BOG yang stabil, serta penggunaan *heel* LNG dan sistem *spray* yang efisien.

***Kata Kunci**; Cargo Tank, Cooldown, LNG, Boil Off Gas (BOG), Optimalisasi*

ABSTRACK

Gultom, Aefril Iranda. ***2026.*** *"Optimization of Cargo Tank Cooling Process Prior to Methane Loading on LNG/C Golden Isaia"*

This study aims to analyze and optimize the cargo tank cooling (cooldown) process before methane loading on LNG/C Golden Isaia. The cooldown process is essential to ensure safe temperature conditions and prevent thermal shock. However, operational issues such as schedule changes and instability of Boil Off Gas (BOG) often reduce cooling efficiency and increase heel LNG consumption. This research uses a descriptive qualitative method with data collected through observation, interviews, and documentation during sea practice. The data were analyzed using Fishbone Analysis to identify the root causes of inefficiencies. The results show that schedule changes affect cooling planning and duration, while unstable BOG causes pressure fluctuations that disrupt the process. These factors reduce operational efficiency and may increase safety risks. To improve the process, adaptive planning, stable BOG control, and efficient use of heel LNG and spray systems are recommended.

Keywords*: Cargo Tank, Cooldown, LNG, Boil Off Gas (BOG), Optimization*

BAB I
PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG MASALAH

Energi menjadi salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia *modern*, mendukung hampir setiap aspek kehidupan mulai dari industri, transportasi, hingga rumah tangga. Namun, dengan meningkatnya ketergantungan dunia terhadap energi, sebagian besar sumber energi yang digunakan masih berasal dari bahan bakar fosil, seperti minyak dan batubara. Penggunaan bahan bakar fosil ini tidak hanya menyebabkan menipisnya cadangan energi yang ada, tetapi juga berkontribusi besar terhadap perubahan iklim global akibat emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Oleh karena itu, dunia kini menghadapi tantangan besar untuk beralih ke sumber energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Salah satu bentuk energi yang semakin banyak digunakan adalah *Liquefied Natural Gas* (LNG), yang merupakan bentuk gas alam yang telah dicairkan dengan cara didinginkan pada suhu yang sangat rendah untuk memudahkan transportasi dan penyimpanan. LNG dianggap sebagai bahan bakar yang lebih bersih dibandingkan dengan bahan bakar fosil lainnya, seperti minyak dan batubara, karena pembakaran LNG menghasilkan emisi karbon yang lebih rendah. Sebagai solusi transisi energi, LNG dapat menggantikan bahan bakar fosil yang lebih mencemari, dan dengan teknologi yang tepat, LNG dapat memainkan peran penting dalam pengurangan emisi global, LNG telah mendapatkan perhatian sebagai alternatif yang lebih bersih untuk pembangkitan energi, proses industri, transportasi, dan pemanasan residensial (Zichittella dan Pérez-Ramírez, 2021). LNG menawarkan beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar fosil tradisional, termasuk emisi karbon yang lebih rendah, pengurangan polusi udara, dan fleksibilitas yang lebih besar dalam transportasi dan penyimpanan (Englert et al., 2021). Sebagai hasilnya, LNG semakin banyak diadopsi di berbagai sektor untuk memenuhi kebutuhan energi sambil meminimalkan dampak lingkungan di sektor pembangkitan energi, LNG semakin

mendapatkan perhatian sebagai alternatif yang lebih bersih dibandingkan dengan pembangkit listrik berbahan bakar batu bara dan minyak. Banyak negara yang beralih menuju pembangkit listrik berbahan bakar LNG untuk mengurangi emisi karbon dan mematuhi peraturan lingkungan yang lebih ketat (Turksen, 2023).

LNG merupakan gas alam yang didinginkan pada suhu sangat rendah hingga mencapai keadaan cair dengan suhu sekitar -160°C. Proses perubahan gas alam menjadi cair ini memberikan LNG sifat kriogenik, yang berarti LNG memiliki suhu sangat rendah yang dapat menyebabkan kerusakan pada material atau bahkan cedera serius jika terjadi kontak langsung. Salah satu tantangan utama dalam transportasi LNG adalah memastikan bahwa suhu tangki tetap dan *Tank pressure* terjaga dalam kondisi yang stabil dan aman selama perjalanan maupun sebelum proses pemuatan.

Proses transportasi LNG melibatkan penanganan yang sangat hati-hati, mengingat LNG harus disimpan pada suhu yang sangat rendah dan dalam bentuk cair. Hal ini membuat sistem penyimpanan dan pengiriman LNG harus dirancang secara efisien dan aman, agar tidak ada kehilangan kualitas atau kebocoran yang dapat membahayakan. Salah satu aspek penting dalam transportasi LNG adalah proses pendinginan *Cargo Tank* pada kapal LNG, yang bertujuan untuk menjaga agar tangki berada suhu aman untuk dimuat (-130°C). Proses ini membutuhkan teknologi canggih serta prosedur yang ketat untuk memastikan bahwa suhu tangki tetap berada pada level yang aman.

Selain itu, dalam persiapan pemuatan LNG, proses *cooldown tank* menjadi sangat penting. Proses ini bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada tangki akibat perbedaan suhu ekstrem yang terjadi saat cairan LNG yang sangat dingin dimuat ke dalam tangki yang belum cukup dingin. Selama proses *cooldown*, tangki kapal disemprot dengan *heel* atau muatan sebelumnya yang masih ada, menggunakan spray pump dengan *flow rate* tertentu, hingga suhu permukaan tangki mencapai suhu yang lebih aman, seperti -130°C untuk *membrane tank* dan -115°C untuk *Moss Rosenberg tank* (Muzhoffar & Riadi, 2024). Proses *cooldown* yang tepat sangat penting untuk menghindari kerusakan material tangki atau potensi kebocoran yang dapat terjadi akibat perbedaan suhu yang drastis, yang dapat menyebabkan *shock temperature*.

Proses pendinginan *Cargo Tank* pada kapal LNG harus mempertimbangkan berbagai faktor eksternal dan internal yang dapat mempengaruhi kinerja sistem, seperti kondisi cuaca dan karakteristik muatan. Suhu udara luar dan kelembapan dapat mempengaruhi durasi pendinginan, sementara *volume* LNG yang tersisa (*heel*) dalam tangki juga berperan dalam efisiensi proses tersebut. Perubahan jadwal kapal, misalnya penundaan kedatangan di terminal, dapat menyebabkan perpanjangan waktu pendinginan yang berisiko mengganggu kestabilan suhu dan tekanan didalam tangki. Selain itu, penting untuk mengelola penggunaan *heel* secara efisien, karena pemakaian *heel* yang berlebihan akan meningkatkan biaya operasional kapal. Oleh karena itu, untuk mengoptimalkan proses pendinginan, perlu ada pengelolaan waktu, suhu, dan *heel* secara hati-hati agar konsumsi energi dan sumber daya dapat diminimalkan, sementara proses pendinginan tetap aman dan efisien.

Berdasarkan hasil pengamatan penulis selama melaksanakan praktik laut di kapal LNG/C Golden Isaia, perubahan jadwal kapal berdampak langsung terhadap perencanaan dan pelaksanaan proses *cooldown Cargo Tank*. Perubahan jadwal sandar di terminal atau penyesuaian jadwal pemuatan menyebabkan proses pendinginan harus dilakukan dalam waktu yang lebih terbatas atau, sebaliknya, berlangsung lebih lama dari perencanaan awal. Dalam beberapa kondisi, hal ini mengakibatkan penggunaan *heel* LNG menjadi lebih besar dari yang diperkirakan serta meningkatnya frekuensi pengoperasian *spray pump*, yang pada akhirnya menurunkan efisiensi sistem pendinginan dan meningkatkan beban kerja awak kapal.

Selama melaksanakan praktik laut, penulis menemukan bahwa perencanaan proses pendinginan (*cooldown) Cargo Tank* tidak selalu dapat dilaksanakan sesuai dengan rencana operasional yang telah ditetapkan. Salah satu peristiwa yang menjadi perhatian penulis terjadi pada 10 Oktober 2024, ketika kapal LNG/C Golden Isaia sedang berlayar dari Jakarta menuju Bintuni LNG Terminal dan mengalami kemunduran jadwal operasional yang berdampak pada tertundanya waktu kegiatan *Loading*. Perubahan jadwal tersebut mengharuskan adanya penyesuaian mendadak terhadap waktu persiapan pemuatan, sehingga proses *cooldown Cargo Tank* tidak dapat dilakukan secara optimal sesuai dengan perencanaan awal Keterbatasan waktu akibat perubahan *schedule* kapal menyebabkan tahapan pendinginan harus disesuaikan dengan kondisi aktual di lapangan, yang berdampak pada pengendalian suhu dan kestabilan tekanan di dalam *Cargo Tank* serta berpotensi menurunkan

efektivitas proses pendinginan sebelum pemuatan. Peristiwa ini menunjukkan bahwa perubahan jadwal pelayaran dan operasional kapal memiliki pengaruh signifikan terhadap keberhasilan proses *cooldown Cargo Tank*, sehingga diperlukan perencanaan dan pengelolaan yang lebih adaptif agar proses pendinginan tetap berjalan aman, efisien, dan sesuai dengan standar keselamatan operasi pemuatan.

Kondisi lingkungan seperti suhu udara yang tinggi dan perubahan cuaca juga terbukti memengaruhi durasi penurunan suhu *Cargo Tank.* Pada saat kapal beroperasi di wilayah dengan suhu lingkungan yang relatif tinggi, proses pendinginan membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai suhu aman sebelum pemuatan. Kondisi tersebut menuntut pengelolaan BOG yang lebih cermat. Namun, ketidakstabilan BOG yang diamati, seperti fluktuasi tekanan dan laju gas yang tidak konstan, dapat mengganggu keseimbangan suhu dan tekanan di dalam tangki. Apabila tidak dikendalikan dengan baik, kondisi ini berpotensi menghambat kelancaran proses pendinginan dan persiapan pemuatan LNG.

Tabel 1. 1 Jadwal Kapal LNG/C Golden Isaia

No	*Port Of Call*	*Eta Time And Date*	*Actual Arrival Date*	*Departure Date*	*Operation*	*Remark*
1	TANGGUH BINTUNI	2-01-2025 08:00 LT	2-01-25 19:00 LT	04-01-2025 05:18 LT	*Loading*	*Vessel Schedule Changed Due To Weather Condition*
2	TANGGUH BINTUNI	10-10-2024 06:00 LT	18-10-2024 08:00 LT	18-10-2024 23:00 LT	*Loading*	*Vessel Schedule Changed Due To Terminal Scedule Changed*
3	TANGGUH BINTUNI	05-06-2025 10:0 LT	05-06-2025 18:00 LT	07-06-2025 01:00 LT	*Loading*	*Vessel Schedule Changed Due To Weather Condition*

Sumber : Dokumentasi penulis

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor diatas penulis memutuskan membuat karya ilmiah yang berjudul ”**OPTIMALISASI PROSES PENDINGINAN *CARGO TANK* SEBELUM *LOADING* MUATAN *METHANE* DI KAPAL LNG/ C GOLDEN ISAIA”** yang bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan proses pendinginan dan memberikan rekomendasi untuk meningkatkan sistem pendinginan.

B. IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan utama yang ditemukan saat pelaksanaan *cooldown Cargo Tank* , yaitu:

1. Perubahan jadwal sandar menurunkan efisiensi proses pendinginan (*Cooldown) Cargo tank.*
2. Kondisi lingkungan, seperti suhu udara dan cuaca, memengaruhi lamanya proses pendinginan *Cargo Tank* sebelum pemuatan LNG.
3. Penggunaan *heel* LNG yang kurang optimal selama proses pendinginan meningkatkan konsumsi muatan sisa dan beban operasional kapal.
4. Ketidakstabilan *Boil Off Gas* (BOG) mengganggu keseimbangan suhu dan tekanan dalam *Cargo Tank.*

C. BATASAN MASALAH

Mengingat luasnya cakupan pembahasan mengenai transportasi LNG serta keterbatasan kemampuan, waktu, dan pengalaman penulis, maka penelitian ini dibatasi pada pembahasan proses pendinginan (*cooldown*) *Cargo Tank* di kapal LNG/C Golden Isaia. Penelitian difokuskan pada sistem pendinginan yang digunakan selama penulis melaksanakan praktik laut selama satu tahun.

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini disusun sejalan dengan identifikasi masalah, yaitu sebagai berikut:

1. Perubahan jadwal sandar menurunkan efisiensi proses pendinginan (*Cooldown) Cargo tank.*
2. Ketidakstabilan *Boil Off Gas* (BOG) dapat mengganggu proses Pendinginan (*cooldown*) *Cargo Tank.*

D. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan pengalaman penulis selama berlayar di kapal LNG/C Golden Isaia, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana jadwal sandar menurunkan efisiensi proses pendinginan (*Cooldown) Cargo tank?*
2. Bagaimana ketidakstabilan *Boil Off Gas* (BOG) mengganggu keseimbangan suhu dan tekanan dalam *Cargo Tank?*

E. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

1. Tujuan Penelitian:
    a. Untuk menganalisis bagaimana perubahan jadwal kapal menyebabkan proses pendinginan (*cooldown*) *Cargo Tank* tidak sesuai perencanaan sehingga menurunkan efisiensi operasional.
    b. Untuk menganalisis Bagaimana ketidakstabilan *Boil Off Gas* (BOG) mengganggu keseimbangan suhu dan tekanan dalam *Cargo Tank.*
2. Manfaat Penelitian:
    a. Manfaat Teoritis
        1) Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan pemahaman penulis secara mendalam mengenai proses pendinginan (*cooldown*) *Cargo Tank* LNG, khususnya faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi dan keamanan di kapal LNG/C Golden Isaia.
        2) Menambah data dan studi kasus spesifik di bidang manajemen kargo kriogenik, khususnya analisis faktor *heel*, jadwal, dan BOG pada proses *cooldown.*
    b. Manfaat Praktis
        1) Memberikan sumbangsih pemikiran dan rekomendasi praktis kepada kapal LNG/C Golden Isaia untuk upaya peningkatan efisiensi proses pendinginan, mengurangi waktu yang dibutuhkan, dan menghemat konsumsi *heel* LNG.
        2) Sebagai syarat kelulusan penulis di sekolah tinggi imu pelayaran jakarta program D-IV nautika.

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan karya ilmiah ini disusun secara sistematis untuk memastikan alur pembahasan yang logis, komprehensif, dan mudah dipahami. Sistematika penulisan terbagi menjadi lima bab dengan rincian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berfungsi sebagai pengantar penelitian, menjelaskan landasan dasar dan urgensi dari topik yang dibahas. Konten bab ini meliputi Latar Belakang Masalah, Identifikasi Masalah, Pembatasan Masalah, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, serta Sistematika Penulisan karya ilmiah.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menyajikan kerangka teori yang menjadi dasar analisis. Isi bab ini mencakup definisi dan konsep terkait transportasi LNG, sifat kriogenik, desain dan jenis *Cargo Tank* pada kapal LNG (termasuk persyaratan suhu *cooldown*), prinsip-prinsip proses pendinginan tangki, serta teori dan mekanisme manajemen BOG yang relevan dengan topik optimalisasi.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan pendekatan kualitatif yang digunakan dalam penelitian. Pembahasan mencakup jenis dan desain penelitian, penetapan lokasi dan periode penelitian. Bagian ini juga merinci sumber data seperti data primer berupa hasil observasi dan wawancara, serta data sekunder berupa log operasional kapal, teknik pengumpulan data, observasi dan wawancara mendalam dengan kru kunci, serta teknik analisis data kualitatif yang digunakan untuk menganalisis optimalisasi prosedur pendinginan.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan data hasil penelitian di kapal LNG/C Golden Isaia. Pembahasan berfokus pada analisis faktor-faktor yang memengaruhi proses pendinginan *Cargo Tank* dan menemukan akar penyebab masalah efisiensi. Hasil analisis tersebut digunakan untuk

merumuskan solusi optimalisasi yang dapat diterapkan di kapal agar proses pendinginan menjadi lebih efisien dan aman.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan berisi jawaban yang ringkas dan tegas terhadap setiap Rumusan Masalah yang telah ditetapkan, didasarkan pada temuan dan analisis yang disajikan pada Bab IV. Saran berisi rekomendasi yang bersifat konstruktif dan implementatif, ditujukan kepada manajemen kapal dan perusahaan operator untuk perbaikan dan peningkatan kinerja proses pendinginan *Cargo Tank* di kapal LNG/C Golden Isaia.

BAB II
LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

1. Optimalisasi

Menurut Arinatuz Zulfah et al., 2024 Optimalisasi ialah sebuah cara suatu kegiatan dalam upaya mengoptimalkan atau meningkatkan suatu pekerjaan menjadi sepenuhnya atau lebih sempurna, lebih efektif, atau lebih memiliki fungsi serta mencari penyelesaian terbaik dari berbagai permasalahan sehingga dapat mencapai tujuan yang sebaik-baiknya sesuai dengan standar tertentu.

Menurut Poerwadarminta (Ali, 2014:124) adalah hasil yang dicapai sesuai dengan keinginan, jadi optimalisasi merupakan pencapaian hasil sesuai harapan secara efektif dan efisien. Optimalisasi banyak juga diartikan sebagai ukuran dimana semua kebutuhan dapat dipenuhi dari kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan.

Sedangkan dalam Merriam-Webster Dictionary (2023) "*Optimization an act, process, or methodology of making something (such as a design, system, or decision) as fully perfect, functional, or effective as possible*" Optimalisasi dapat diartikan sebagai serangkaian upaya yang dilakukan secara sistematis untuk mencapai kondisi terbaik dari suatu aktivitas atau sistem yang dijalankan.

Dalam konteks transportasi laut, optimalisasi merupakan proses peningkatan efektivitas pelaksanaan suatu operasi kapal melalui pengelolaan sumber daya, prosedur kerja, peralatan, dan personel secara terintegrasi sehingga tujuan operasional dapat dicapai dengan tingkat keselamatan, efisiensi, dan keandalan yang tinggi. Optimalisasi tidak hanya berfokus pada peningkatan produktivitas, tetapi juga memastikan bahwa seluruh kegiatan dilaksanakan sesuai dengan standar operasional, regulasi internasional, serta prinsip keselamatan pelayaran.

Pada kapal LNG Carrier, optimalisasi memiliki peranan yang sangat penting karena seluruh kegiatan penanganan muatan dilakukan pada kondisi kriogenik dengan tingkat risiko yang tinggi. Oleh karena itu, setiap tahapan operasi harus direncanakan dan dilaksanakan secara tepat agar keselamatan kapal, awak kapal, muatan, dan lingkungan tetap terjaga. Salah satu kegiatan yang memerlukan proses optimalisasi adalah pelaksanaan *cooldown* Cargo Tank sebelum *loading* LNG. Proses tersebut harus mempertimbangkan pengaturan laju pendinginan, penggunaan *heel* LNG, pengendalian *Boil-Off Gas* (BOG), kestabilan tekanan tangki, serta kesiapan sistem pendukung agar pendinginan berlangsung secara aman, efektif, dan efisien.

Selain itu, konsep optimalisasi dalam penelitian ini juga mengacu pada prinsip *continuous improvement*, yaitu upaya melakukan evaluasi terhadap kondisi operasional untuk menemukan faktor-faktor yang memengaruhi pelaksanaan *cooldown*, kemudian menyusun langkah-langkah perbaikan yang dapat meningkatkan efektivitas operasi. Dengan demikian, optimalisasi tidak hanya dimaknai sebagai pencapaian hasil terbaik, tetapi juga sebagai proses perbaikan berkelanjutan berdasarkan hasil observasi, wawancara, dokumentasi, serta penerapan prosedur dan regulasi yang berlaku.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa optimalisasi merupakan serangkaian upaya sistematis untuk meningkatkan efektivitas, efisiensi, keselamatan, dan keandalan suatu kegiatan melalui pemanfaatan sumber daya, prosedur, dan teknologi secara optimal sehingga tujuan operasional dapat tercapai sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Dalam penelitian ini, optimalisasi difokuskan pada pelaksanaan proses *cooldown* Cargo Tank agar dapat berlangsung secara aman, efisien, serta mendukung kesiapan kapal dalam menerima muatan LNG.

2. *Liquified Natural Gas* (LNG)

a. Defenisi

Menurut *Cargo Manual Book* LNG/ C Golden Isaia Version 1 (2013), *Natural gas is a mixture of hydrocarbons which, when liquefied form a clear colourless and odourless liquid; this LNG is usually*

transported and stored at a temperature very close to its boiling point at atmospheric pressure (approximately –160°C). Pernyataan tersebut menjelaskan bahwa gas alam dicairkan dengan cara didinginkan hingga suhu yang sangat rendah sehingga volumenya menjadi lebih kecil dan mudah disimpan serta diangkut. Oleh karena itu, LNG harus dipertahankan pada suhu mendekati titik didihnya pada tekanan atmosfer agar tetap berada dalam bentuk cair dan tidak cepat menguap.

Selain sebagai komoditas energi, LNG juga termasuk muatan berbahaya (*dangerous cargo*) yang pengangkutannya diatur dalam *International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk* (IGC Code). IGC Code menetapkan bahwa LNG harus diangkut menggunakan kapal yang dirancang khusus dengan sistem *cargo containment*, sistem penanganan uap (*cargo vapour handling system*), sistem keselamatan, serta perlengkapan pendukung yang mampu mempertahankan LNG tetap berada dalam fase cair pada kondisi kriogenik selama pelayaran.

b. Karakteristik *Liquified Natural Gas* (LNG)

Berdasarkan *Cargo Manual Book* LNG/ C Golden Isaia, *The actual composition of LNG will vary depending on its source and on the liquefaction process, but* the *main constituent will always be Methane; other constituents will be small percentages of heavier hydrocarbons, e.g. ethane, propane, butane, pentane, and possibly a small percentage of nitrogen*

Berdasarkan SIGTTO (*Liquefied Gas Handling Principles on Ships*), karakteristik fisik LNG sangat memengaruhi prosedur operasional di atas kapal. Sifat LNG yang mudah menguap (*boiling*) ketika menerima panas dari lingkungan menyebabkan terbentuknya *Boil-Off Gas* (BOG). Oleh karena itu, seluruh sistem penyimpanan dan penanganan LNG dirancang untuk mengurangi *heat ingress* sehingga laju pembentukan BOG tetap berada dalam batas yang dapat dikendalikan.

Tabel 2. 1 *Physical Properties of* LNG *Components*

Property	*Methane* CH4	*Ethane* C2H6	*Propane* C3H8	*Butane* C4H10	*Pentane* C5H12	*Nitrogen* N2
Molecular Weight	16.042	30.068	44.098	58.12	72.15	28.016
Boiling Point at 1 bar absolute (°C)	-161.4	-88.6	-42.1	-0.5	36.1	-195.8
Liquid Density at Boiling Point (kg/m³)	426	544.1	580.7	601.8	610.2	808.6
Vapour SG at 15°C and 1 bar absolute	0.553	1.04	1.55	2	2.49	0.97
Gas Volume/liquid Ratio at Boiling Point and 1 bar absolute	619	431	311	222	205	694
Flammable Limits in Air by Volume (%)	5 to 15	3.1 to 12.5	2.1 to 9.5	1.8 to 8.5	3 to 12.4	*Non-flammable*
Auto-ignition Temperature (°C)	595	510	468	365/500	-	-
Gross Heating Value at 15°C (kJ/kg)	55560	51870	50360	49520 / 49404	48010 / 48494	-
Vaporisation Heat at Boiling Point (kJ/kg)	510.4	489.9	426.2	385.2	357.5	199.3

Sumber : *Manual Book* LNG/ C Golden Isaia *Version 1*

Berdasarkan pernyataan tersebut, dapat dipahami bahwa komposisi LNG dapat berbeda-beda tergantung pada sumber gas alam serta proses pencairan yang diterapkan. Meskipun demikian, metana selalu menjadi komponen utama dalam LNG, sementara hidrokarbon yang lebih berat dan nitrogen hanya terdapat dalam jumlah yang relatif kecil.

c. *Boil-Off Gas* (BOG)

Boil-Off Gas (BOG) merupakan gas alam yang terbentuk akibat penguapan LNG selama proses penyimpanan maupun pengangkutan. Pembentukan BOG terjadi karena adanya perpindahan panas (*heat ingress*) dari lingkungan menuju *Cargo Tan*k sehingga sebagian LNG berubah fase dari cair menjadi gas. Menurut SIGTTO, pembentukan BOG merupakan fenomena yang tidak dapat dihindari pada kapal LNG, sehingga setiap kapal harus dilengkapi dengan sistem penanganan uap (*cargo vapour handling system*) untuk menjaga tekanan *Cargo Tank* tetap berada dalam batas operasional yang aman.

Berdasarkan IGC Code, kapal LNG wajib memiliki sistem yang mampu mengendalikan tekanan *Cargo Tank* akibat pembentukan BOG, baik melalui pemanfaatan gas sebagai bahan bakar, proses *reliquefaction* (pada kapal tertentu), maupun sistem penanganan gas lainnya. Pengelolaan BOG yang baik sangat penting untuk menjaga keselamatan kapal, efisiensi penggunaan LNG, serta mencegah terjadinya *overpressure* pada *Cargo Tank.*

d. *Heel* LNG

Heel LNG merupakan sisa muatan LNG yang sengaja dipertahankan di dalam *Cargo Tank* setelah proses pembongkaran selesai. *Heel* berfungsi sebagai sumber cairan kriogenik yang digunakan untuk mempertahankan temperatur tangki selama pelayaran *ballast* dan sebagai media pendingin pada proses *cooldown* sebelum kegiatan *loading*. Menurut SIGTTO, jumlah *heel* harus direncanakan secara optimal agar mampu mendukung proses pendinginan tanpa menyebabkan pemborosan muatan maupun peningkatan pembentukan BOG yang berlebihan.

e. *Heat ingress*

Heat ingress adalah perpindahan panas dari lingkungan menuju *Cargo Tank* melalui struktur kapal maupun sistem perpipaan. Walaupun *Cargo Tank* telah dilengkapi dengan sistem isolasi termal, perpindahan panas tetap terjadi dalam jumlah tertentu selama pelayaran. Menurut GTT, *heat ingress* merupakan faktor utama yang menyebabkan terbentuknya BOG pada kapal LNG. Semakin besar *heat ingress*, semakin besar pula laju penguapan LNG sehingga tekanan dalam *Cargo Tank* cenderung meningkat.

f. *Tank Pressure*

Tekanan *Cargo Tank* merupakan salah satu parameter operasional yang harus dipantau secara terus-menerus selama pengangkutan LNG. Menurut IGC Code, tekanan *Cargo Tank* harus dipertahankan dalam batas operasional yang aman agar tidak menimbulkan risiko terhadap integritas struktur tangki maupun sistem perpipaan. Peningkatan tekanan umumnya terjadi akibat pembentukan BOG yang melebihi kapasitas sistem penanganannya. Oleh karena itu, pengendalian tekanan dilakukan melalui

pemanfaatan BOG sebagai bahan bakar, pengoperasian *Low Duty Compressor*, maupun sistem pengendalian lainnya yang tersedia di kapal.

g. *Cryogenic Temperatures*

Berdasarkan hasil kajian dari beberapa penelitian terbaru, kriogenik pada LNG didefinisikan sebagai kondisi suhu yang sangat rendah, yaitu sekitar −160 °C hingga −162 °C, yang diperlukan untuk mencairkan gas alam, khususnya metana, serta mempertahankannya tetap berada dalam fase cair selama proses penyimpanan dan pengangkutan. Pada kondisi tersebut, LNG memiliki energi dingin (*cold energy*) yang mengubah wujudnya dari gas menjadi cairan dengan volume yang berkurang mencapai 600 kali lipat dibandingkan wujud aslinya. LNG yang telah di proses kemudian disimpan dan diangkut menggunakan kapal yang dirancang khusus untuk menjaga kestabilan suhu dan muatan selama perjalanan, yang dapat dimanfaatkan kembali pada proses regasifikasi untuk mendukung pembangkitan energi maupun aplikasi industri lainnya (Noor Akashah et al., 2023; Lee, 2019).

Suhu LNG yang sangat rendah, yaitu sekitar −160 °C, menyebabkan LNG memiliki sifat kriogenik. Kontak langsung dengan LNG atau material yang berada pada suhu tersebut dapat menimbulkan kerusakan pada material. Suhu ekstrem ini juga memengaruhi sifat logam, di mana sebagian besar logam akan kehilangan keuletannya dan menjadi lebih mudah rusak atau patah. Oleh karena itu, paparan LNG dapat menyebabkan terjadinya *brittle fracture* pada berbagai jenis material.

Ketentuan mengenai material yang digunakan pada *Cargo Tank* diatur dalam IGC Code Bab 4 (*Cargo Containment*), yang mensyaratkan bahwa material tangki harus tetap mampu mempertahankan integritas struktural pada temperatur operasi LNG. Oleh karena itu, material yang digunakan harus memiliki ketahanan terhadap suhu kriogenik serta mampu mengurangi risiko *thermal stress* dan brittle fracture selama operasi muatan.

Apabila terjadi tumpahan LNG di geladak kapal, perbedaan suhu yang sangat besar antara LNG dan struktur baja kapal akan menimbulkan *thermal shock*. Kejutan termal ini menghasilkan *thermal shock* yang tinggi

pada struktur baja, sehingga berpotensi menyebabkan retak atau kerusakan pada pelat dan komponen struktur kapal.

Pada kapal LNG, *Cargo Tank* merupakan bagian yang secara langsung bersentuhan dengan muatan LNG, sehingga harus mampu beroperasi pada suhu kriogenik. Material Cargo *Tank* dirancang khusus agar tetap memiliki kekuatan dan ketahanan pada suhu sangat rendah. Selain itu, sistem isolasi pada *Cargo Tank* berfungsi untuk mengurangi perpindahan panas dari struktur lambung kapal ke muatan, sehingga penguapan LNG (*boil off gas*) dapat diminimalkan., Material *Cargo Tank* tetap memiliki batas suhu operasi tertentu. Apabila material tersebut terpapar suhu di bawah batas desainnya, dapat terjadi perubahan sifat material yang menyebabkan penurunan kekuatan dan peningkatan kerapuhan. Kondisi ini berpotensi menimbulkan retak atau kerusakan pada struktur *Cargo Tank* dan dapat memengaruhi keselamatan operasional kapal LNG.

h. *Material Safety Data Sheet* (MSDS) *Liquified Natural Gas*

Material Safety Data Sheet (MSDS) atau dalam sistem GHS (Globally Harmonized System) dikenal sebagai Safety Data Sheet (SDS) merupakan dokumen resmi yang memuat informasi mengenai identifikasi bahaya, sifat fisika dan kimia, prosedur penanganan darurat, serta langkah-langkah keselamatan yang harus diterapkan dalam penanganan suatu bahan berbahaya. Berdasarkan SDS *Natural Gas*, *Refrigerated Liquid* (*Cryogenic Liquid*) yang diterbitkan oleh BP Berau Ltd. (2019), LNG diklasifikasikan sebagai bahan yang memiliki tingkat bahaya tinggi dan wajib ditangani dengan prosedur keselamatan yang ketat. Selain memenuhi ketentuan SDS, seluruh prosedur penanganan LNG juga harus mengacu pada SOLAS Chapter II-2 dan IGC Code yang mengatur perlindungan terhadap bahaya kebakaran, ledakan, paparan gas, serta penggunaan alat pelindung diri selama operasi muatan LNG.

1) Klasifikasi Bahaya

Berdasarkan klasifikasi GHS, LNG termasuk dalam kategori *Flammable Gases Category* 1 yang berarti sangat mudah terbakar, *Gases Under Pressure Category* 1 yang berarti mengandung gas

bertekanan tinggi dan berisiko meledak apabila terkena panas, serta *Long-term Aquatic Hazard Category* 3 yang menunjukkan bahwa LNG bersifat berbahaya bagi lingkungan perairan dalam jangka panjang. Selain itu, LNG juga bertindak sebagai *simple asphyxiant*, yaitu gas yang dapat menggantikan oksigen di udara dan menyebabkan sesak napas apabila terdapat kebocoran di ruang tertutup.

2) Sifat Fisika dan Kimia

LNG berwujud cairan kriogenik yang tidak berwarna dan tidak berbau, kecuali apabila telah ditambahkan zat odoran seperti ethyl mercaptan. LNG memiliki titik didih sekitar −160°C pada tekanan atmosfer dan batas mudah terbakar (*flammable limits*) antara 5% hingga 15% di udara, dengan suhu penyalaan otomatis (*auto-ignition temperature*) sekitar 540°C. Tekanan uap LNG berkisar antara 2.066,5 hingga 4.133 kPa, sehingga pengendalian tekanan dalam sistem penyimpanan tangki menjadi aspek yang sangat kritis dalam operasional kapal LNG.

3) Potensi Bahaya dan Penanganan Darurat

Kontak langsung antara LNG dan kulit dapat menyebabkan luka bakar serupa *frostbite* akibat suhu yang sangat rendah. Paparan uap LNG dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan pusing, mual, penurunan kesadaran, hingga sesak napas akibat berkurangnya kadar oksigen di udara. Apabila terjadi kebocoran LNG, seluruh sumber api harus segera dimatikan, area sekitar dievakuasi, dan petugas darurat segera dihubungi. Dalam kondisi kebakaran akibat LNG, pemadaman tidak dianjurkan sebelum aliran gas dapat dihentikan, dan sembarang upaya penghentian aliran hanya boleh dilakukan apabila aman untuk dilaksanakan.

4) Alat Pelindung Diri (APD)

Penanganan LNG mengharuskan penggunaan alat pelindung diri yang sesuai, mencakup kacamata pelindung kimia atau pelindung wajah penuh (*full face visor*), sarung tangan tahan dingin dan kedap bahan kimia, pakaian pelindung tahan api dan antistatik, serta sepatu

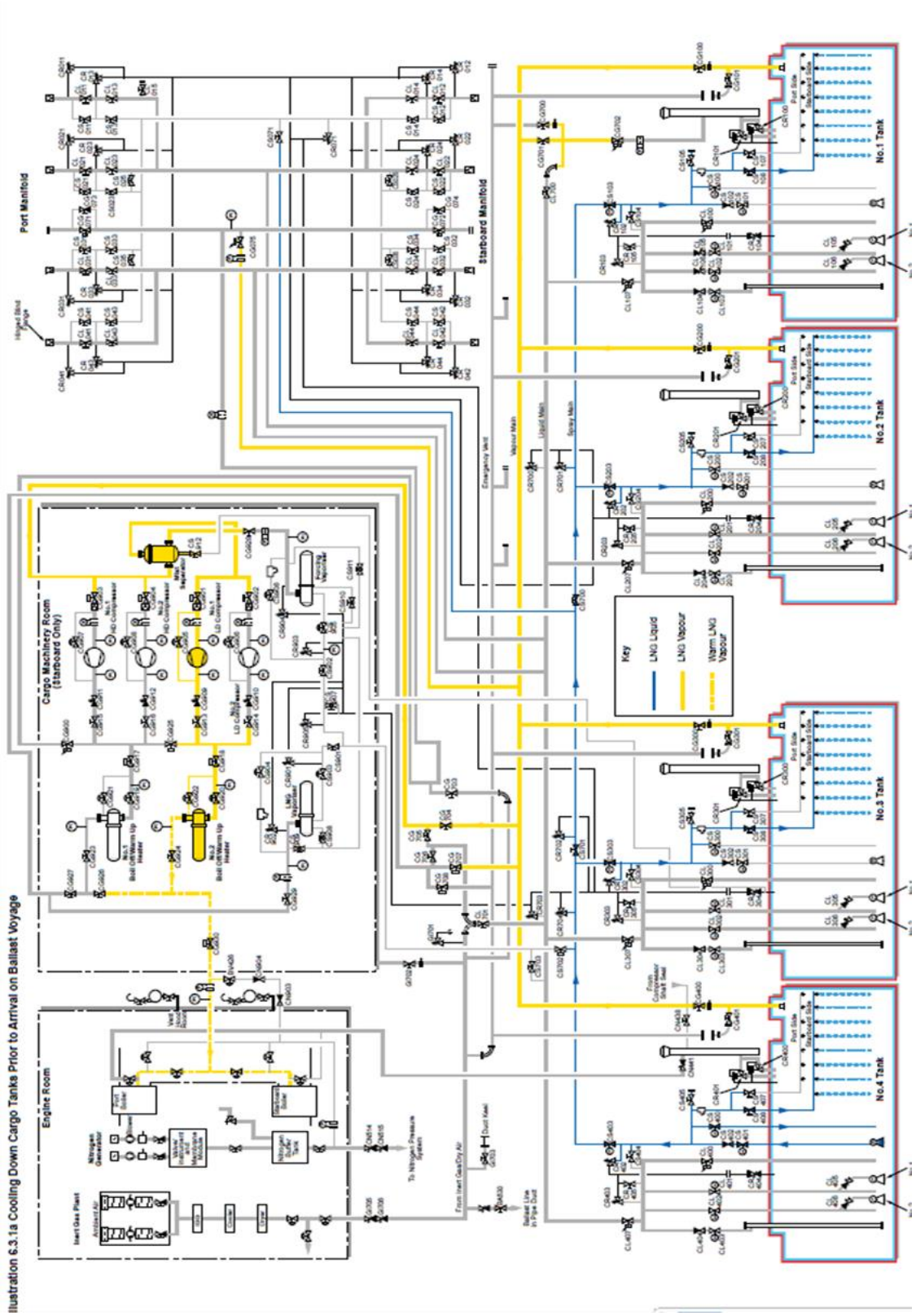
keselamatan tahan bahan kimia. Pada kondisi tertentu di mana terdapat risiko kekurangan oksigen atau paparan uap dalam konsentrasi tinggi, penggunaan alat bantu pernapasan mandiri (*Self-Contained Breathing* Apparatus/SCBA) menjadi wajib.

3. Kapal LNG *Carrier*

Kapal LNG *Carrier* adalah kapal khusus yang dirancang untuk mengangkut *Liquefied Natural Gas (*LNG), yaitu gas alam yang dicairkan dengan cara didinginkan hingga sekitar –162°C pada tekanan mendekati tekanan atmosfer. Pada suhu ini, volume gas alam menyusut hingga ± 1/600 dari *volume* gas aslinya, sehingga memungkinkan pengangkutan dalam jumlah besar secara efisien dan ekonomis.

Menurut SIGTTO (*Society of International Gas Tanker and Terminal Operators*) LNG Carrier *is A ship designed for the transportation of Liquefied Natural Gas in bulk, at cryogenic temperatures close to –162°C, using specially designed containment systems to maintain the cargo in liquid form.* Makna sederhananya Kapal LNG *carrier* adalah kapal yang dirancang khusus untuk mengangkut gas alam cair dalam jumlah besar pada suhu sangat rendah dengan sistem tangki dan isolasi khusus agar LNG tetap cair selama pelayaran.

Salah satu operasi kritis yang dilaksanakan di atas kapal LNG/C adalah proses pendinginan *Cargo Tank* (*cooldown*) sebelum kegiatan pemuatan (*loading*) dilaksanakan. Menurut *Operating Manual* LNG/C Golden Isaia *Version 1* (2013), Proses *cooldown* dilakukan di dalam tangki muatan. Setiap tangki umumnya dilengkapi dua *spray header*, meskipun satu unit sudah mencukupi untuk proses *cooldown*. Penyemprotan LNG menyebabkan penyerapan panas dari struktur tangki secara bertahap, sementara sebagian LNG akan menguap menjadi *boil off* gas (BOG). Proses *cooldown* dapat dilakukan secara bertahap, baik dengan mempertahankan kondisi dingin selama pelayaran ballast maupun dengan melakukan *cooldown* menjelang kedatangan di terminal muat, dengan pengaturan laju pendinginan agar tidak menimbulkan tekanan berlebih dan kerusakan struktural.



Gambar 2. 1

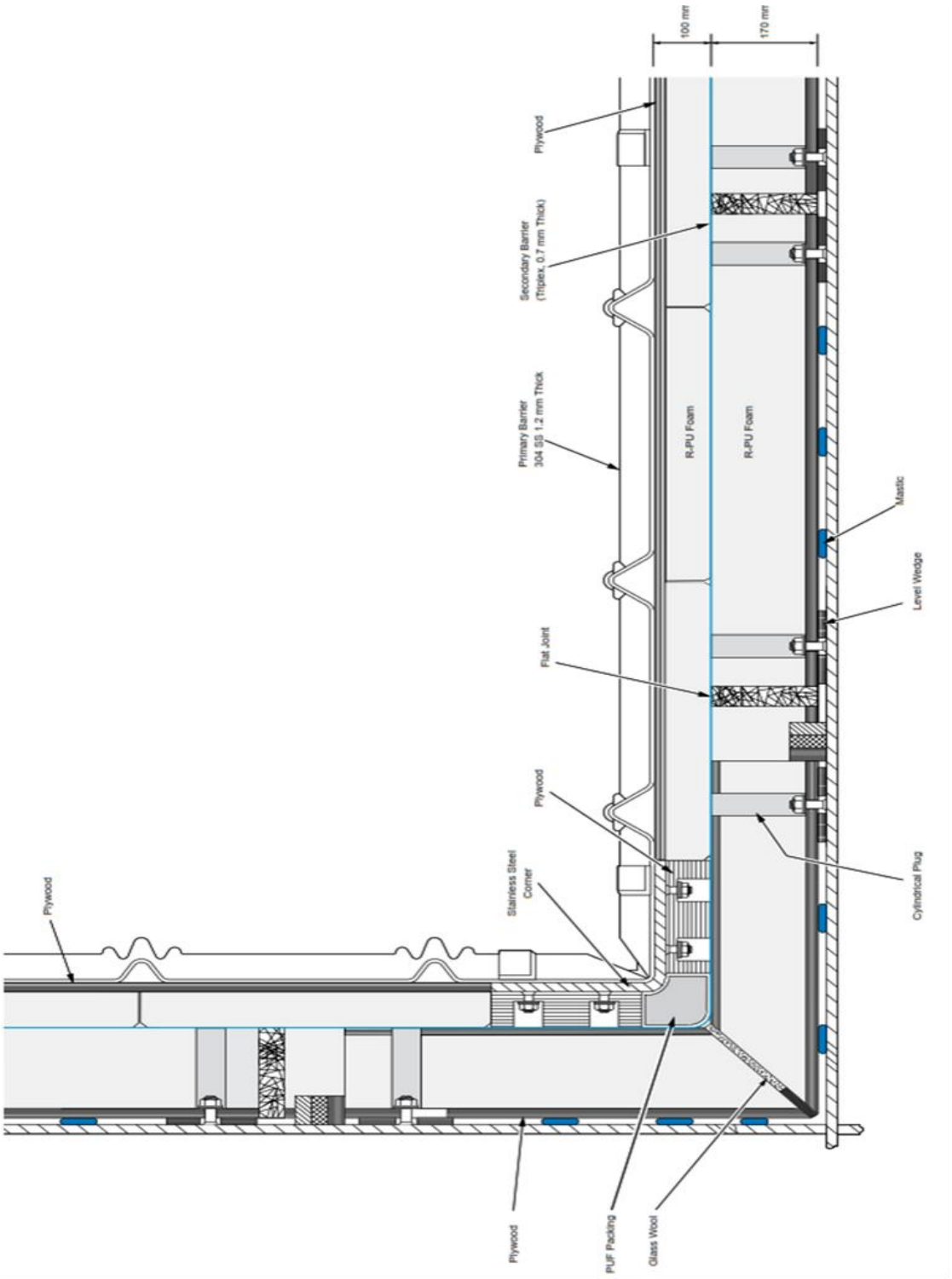
Cooling Down Cargo Tanks Prior to Arrival on Ballast Voyage

Sumber: *Manual Book* LNG/ C Golden Isaia *Version 1*

Guna memastikan proses *cooldown* berlangsung secara aman, efisien, dan terkendali, dibutuhkan integrasi empat komponen sistem utama, yaitu *Cargo Tank, spray pumps, Low Duty* (LD*) Compressor, dan Integrated Automation System* (IAS). Masing-masing komponen memiliki peran spesifik yang saling mendukung dalam keseluruhan proses pendinginan sebelum *loading* LNG dilaksanakan. Penjelasan mengenai masing-masing komponen diuraikan sebagai berikut.

a. Cargo Tank

Tangki muatan LNG merupakan sistem *cargo containment* khusus yang dirancang untuk mengangkut *Liquefied Natural Gas* secara aman pada suhu kriogenik sekitar −163°C dengan tekanan mendekati tekanan atmosfer. Berdasarkan *Liquefied Gas Handling Principles on Ships* yang diterbitkan oleh SIGTTO, tangki muatan LNG berfungsi untuk mempertahankan muatan tetap berada dalam fase cair melalui penerapan sistem isolasi termal yang efektif serta menjamin integritas struktur tangki pada kondisi temperatur sangat rendah. *Gaz Transport & Technigaz* (GTT) menjelaskan bahwa pada tangki muatan LNG tipe membran, desain sistem *cargo containment* memungkinkan terjadinya perubahan suhu secara terkendali tanpa merusak struktur tangki. Selanjutnya, *International Maritime Organization* (IMO) melalui *International Gas Carrier Code* (IGC Code) menegaskan bahwa tangki muatan LNG harus terintegrasi dengan sistem penanganan uap, sistem isolasi, dan sistem keselamatan yang memadai guna mengendalikan masuknya panas, meminimalkan pembentukan *boil off gas*, serta mencegah terjadinya kerusakan pada struktur tangki.



Gambar 2. 2

Membrane Cargo Containment (GTT Mark III)

Sumber *: Operating Manual* LNG/C Golden Isaia Version 1

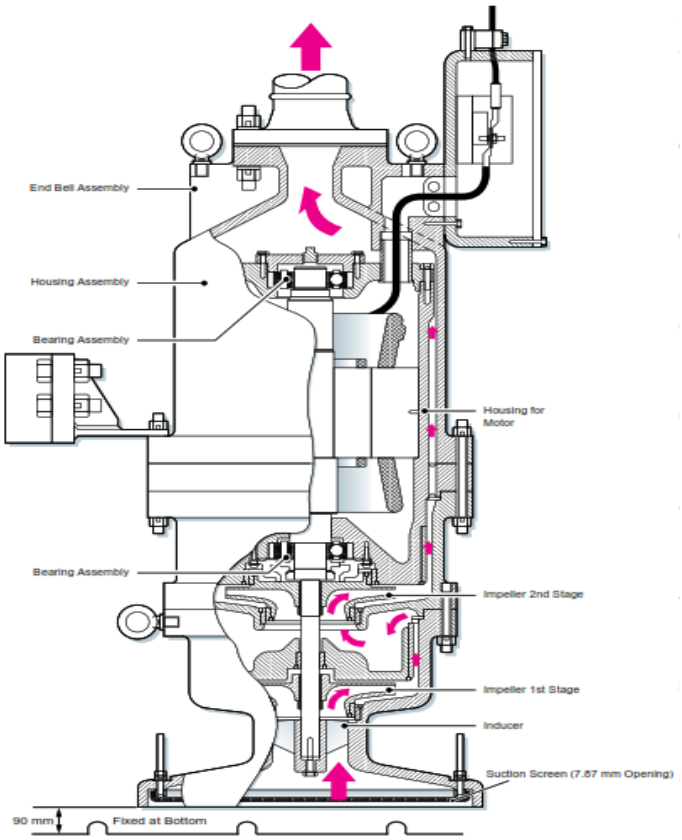
Sesuai *Cargo Operating Manual* LNG/C Golden Isaia Version 1 (2013) Pada kapal LNG/C Golden Isaia digunakan GTT *Mark III membrane cargo containment system* yang dikembangkan oleh *Gaz Transport & Technigaz*. Sistem ini menggunakan *primary barrier* berupa *membrane* baja tahan karat AISI 304L yang berfungsi sebagai lapisan utama penahan muatan LNG. *Membrane* tersebut dipasang di atas lapisan isolasi termal yang berfungsi mengurangi masuknya panas dari luar tangki. Di bawah lapisan isolasi ini terdapat *secondary barrier* berupa *Triplex membrane*, yaitu lapisan pelindung tambahan yang bersifat kedap cairan dan uap. Sistem isolasi pada GTT Mark III dirancang untuk menjaga *boil-off rate* LNG tetap rendah, sekitar 0,15% per hari, serta melindungi struktur *inner hull* dari pengaruh suhu sangat rendah agar tidak terjadi kerusakan material. Selain itu, sistem ini juga berfungsi sebagai pengaman tambahan untuk mencegah kontak langsung antara *ballast water* dan lapisan *membrane* apabila terjadi kebocoran pada lambung bagian dalam. Dengan sistem *cargo containment* ini, LNG/C Golden Isaia dapat mengangkut LNG secara aman.

b. *Spray pump*

Dalam buku *Liquefied Gas Handling Principles* on Ships menjelaskan bahwa *spray pumps* digunakan untuk *tank cooling* dengan cara menyemprotkan LNG dalam jumlah terkendali ke permukaan internal tangki, sehingga temperatur struktur dapat diturunkan secara bertahap tanpa menimbulkan *thermal shock*. Pompa ini bekerja pada kondisi kriogenik dan harus mampu beroperasi stabil dengan level LNG yang sangat rendah (*heel*).

Pada kapal LNG/C Golden Isaia, *stripping/spray pumps* berfungsi sebagai *cargo pump* untuk tugas khusus yang mendukung operasi muatan LNG, dan diproduksi oleh *Ebara International Corporation* tipe 2EC-092. Pompa ini merupakan pompa kriogenik *multistage* dengan kapasitas 50 m^3/jam pada head 145 m (±6,1 bar), digerakkan motor listrik 18 kW, 440 V, dengan kecepatan 3560 rpm dan metode *starting direct on line*, serta dipasang sekitar 90 mm di atas dasar *Cargo Tank*, dengan jumlah empat unit, masing-masing satu unit pada setiap *Cargo Tank*. Pengoperasian dan pengamanannya dikendalikan melalui *Integrated and Automation System* (IAS) dari *Cargo Control Room* (CCR) maupun secara lokal dari *Cargo*

Switchboard (CSB), dan dilengkapi sistem *automatic trip* yang akan menghentikan pompa apabila terjadi kondisi tidak normal seperti level muatan sangat tinggi, tekanan tangki tidak sesuai batas, gangguan arus listrik, gangguan motor, atau aktivasi *Emergency Shutdown System* (ESDS). Secara fungsional, *stripping/spray pumps* digunakan untuk pendinginan *liquid header* sebelum proses *discharge*, Pendinginan *Cargo Tank* selama *ballast voyage* dan/atau sebelum kedatangan di terminal muat melalui penyemprotan LNG ke *spray nozzles*, pemompaan LNG ke *forcing vaporiser* pada saat pengoperasian *gas burning mode*, serta *stripping Cargo Tank* untuk mengeluarkan sisa LNG, dengan ketentuan bahwa pompa tidak boleh dioperasikan di bawah laju alir minimum 16 m^3/jam guna mencegah kerusakan motor dan komponen internal, serta dilengkapi *suction screen* untuk mencegah masuknya benda asing ke dalam pompa.



Gambar 2. 3

Stripping/Spray pumps

Sumber : *Cargo Operating Manual* LNG/C Golden Isaia *Version* 1

c. Low Duty Compressor

GTT menjelaskan bahwa *LD Compressor* berfungsi menjaga tekanan *Cargo Tank* agar tetap dalam batas aman dan stabil dengan mengatur *laju* pengeluaran BOG dari tangki. Pada kondisi operasi normal, LD *Compressor* bekerja secara otomatis berdasarkan sinyal tekanan dari vapour header, sehingga jumlah BOG yang dihisap seimbang dengan laju pembentukan gas di dalam tangki. Hal ini penting untuk mencegah *overpressure* maupun *underpressure* pada *Cargo Tank*, khususnya selama proses *cooldown* dan *spraying LNG*.

d. Integrated Automation System

Menurut *Cargo Operating Manual LNG/C Golden Isaia Version* ComIntegrated *Automation System* (IAS) merupakan sistem pemantauan dan pengendalian terintegrasi yang digunakan untuk mengawasi serta mengendalikan seluruh peralatan dan sistem utama di atas kapal. Pada kapal LNG, IAS mencakup pengawasan dan pengendalian sistem *propulsion, power generation, boilers, auxiliary machinery*, serta *cargo* dan *ballast systems*. Sistem IAS yang digunakan diproduksi oleh *Kongsberg Simrad* dengan model *Simrad Vessel Control*, yang dirancang untuk meningkatkan keselamatan, keandalan operasi, dan efisiensi pengoperasian kapal melalui satu platform kendali terpadu.

IAS bekerja sebagai *distributed processing system*, di mana fungsi pengendalian proses dijalankan secara lokal pada *process stations* yang terhubung langsung dengan peralatan atau plant tertentu, bukan terpusat pada *operator station*. Seluruh komunikasi data dalam IAS dilakukan melalui *dual Local Area Network* (LAN) yang terhubung dengan *network distribution units* (NDU), sehingga menyediakan tingkat redundansi yang tinggi. Selain itu, IAS dilengkapi *history station* yang berfungsi menyimpan data historis proses berdasarkan waktu dan tanggal, yang selanjutnya digunakan untuk analisis tren, evaluasi kinerja sistem, serta penyusunan laporan operasional.

IAS disajikan melalui *operator stations* yang ditempatkan di *Cargo Control Room* (CCR), *Engine Control Room* (ECR), dan *bridge*, sehingga

operator dapat memantau dan mengendalikan sistem kapal dari berbagai pusat kendali. Tampilan grafis (*graphic displays*) menunjukkan kondisi sistem menggunakan simbol standar peralatan seperti *valve*, motor, dan pompa, serta menampilkan alarm dan pesan kejadian. Selain itu, eXoS stations dipasang di *Compressor room* untuk pengoperasian lokal peralatan gas handling, di mana *alarm* yang timbul hanya dapat *acknowledge* dari CCR atau ECR sesuai pengaturan *command control*. Dengan integrasi tersebut, IAS memungkinkan pengoperasian kapal dilakukan secara terkoordinasi, aman, dan terkendali.

4. Regulasi Internasional Pengangkutan *Liquefied Natural Gas* (LNG)

Pengangkutan *Liquefied Natural Gas* (LNG) melalui jalur laut merupakan kegiatan yang memiliki tingkat risiko tinggi karena melibatkan muatan kriogenik yang mudah terbakar, mudah menguap, dan beroperasi pada suhu yang sangat rendah. Oleh karena itu, seluruh kegiatan pengangkutan LNG harus mengacu pada regulasi internasional yang diterbitkan oleh *International Maritime Organization* (IMO) guna menjamin keselamatan kapal, awak kapal, muatan, serta perlindungan terhadap lingkungan laut. Regulasi tersebut menjadi dasar dalam perancangan kapal, pengoperasian sistem muatan, penerapan prosedur keselamatan, hingga kompetensi awak kapal yang terlibat dalam penanganan LNG.

Salah satu regulasi utama yang mengatur pengangkutan LNG adalah *International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk* (IGC Code). IGC Code merupakan standar internasional yang mengatur persyaratan desain, konstruksi, perlengkapan, dan pengoperasian kapal pengangkut gas cair, termasuk LNG *Carrier*. Regulasi ini mencakup ketentuan mengenai *cargo containment system*, sistem perpipaan muatan, sistem penanganan *Boil-Off Gas* (BOG), pengendalian tekanan *Cargo Tank*, *pressure relief system*, sistem deteksi gas, hingga perlengkapan keselamatan yang harus tersedia di atas kapal. Dalam penelitian ini, IGC Code menjadi acuan utama karena proses *cooldown Cargo Tank* berkaitan langsung dengan pengendalian temperatur, tekanan tangki, pembentukan BOG, dan pengoperasian sistem penanganan gas agar tetap berada dalam batas operasional yang aman.

Selain IGC Code, aspek keselamatan selama operasi muatan LNG juga diatur dalam *International Convention for the Safety of Life at Sea* (SOLAS) 1974, khususnya Chapter II-2 mengenai *Fire Protection, Fire Detection and Fire Extinction*. Bab ini mengatur perlindungan terhadap bahaya kebakaran dan ledakan pada kapal yang mengangkut muatan berbahaya, termasuk LNG. Ketentuan tersebut mencakup persyaratan sistem pemadam kebakaran, sistem deteksi gas, *Emergency Shut Down System* (ESD), ventilasi ruang berbahaya, serta pengendalian sumber penyalaan selama kegiatan bongkar muat maupun proses *cooldown*. Penerapan ketentuan SOLAS bertujuan untuk meminimalkan risiko kebakaran dan menjaga keselamatan awak kapal selama operasi berlangsung.

Dalam pelaksanaan operasi kapal, *International Safety Management* (ISM) Code juga memiliki peranan penting sebagai pedoman penerapan sistem manajemen keselamatan. ISM Code mewajibkan perusahaan pelayaran dan awak kapal untuk melaksanakan setiap kegiatan operasional sesuai dengan prosedur yang terdokumentasi, melakukan identifikasi risiko, serta memastikan seluruh peralatan keselamatan berada dalam kondisi siap digunakan. Ketentuan ini mendukung pelaksanaan proses *cooldown Cargo Tank* agar dilakukan secara sistematis, terkendali, dan sesuai dengan prosedur operasi yang berlaku.

Selain regulasi IMO, pedoman teknis mengenai penanganan LNG juga diterbitkan oleh *Society of International Gas Tanker and Terminal Operators* **(**SIGTTO**)**. SIGTTO memberikan rekomendasi mengenai praktik terbaik (*best practice*) dalam pengoperasian kapal LNG, termasuk proses *cooldown*, pengelolaan *Boil-Off Gas* (BOG), penggunaan *heel* LNG, pengendalian tekanan Cargo Tank, serta koordinasi antara kapal dan terminal selama kegiatan muat maupun bongkar. Pedoman SIGTTO banyak digunakan sebagai referensi operasional karena disusun berdasarkan pengalaman industri LNG dan telah diterapkan secara luas pada kapal-kapal LNG modern.

Dengan demikian, pelaksanaan proses *cooldown* Cargo Tank pada kapal LNG tidak hanya mengacu pada prosedur operasional kapal (*Cargo Operating Manual*), tetapi juga harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan dalam IGC Code, SOLAS 1974, ISM Code, serta rekomendasi SIGTTO. Penerapan regulasi dan pedoman tersebut bertujuan untuk memastikan bahwa proses pendinginan

tangki dilaksanakan secara aman, efektif, efisien, serta mampu menjaga kestabilan temperatur, tekanan *Cargo Tank*, dan pembentukan *Boil-Off Gas* selama operasi berlangsung.

5. Prosedur pelaksanaan *Cooldown Cargo Tank*

Prosedur *line cooldown Cargo Tank* LNG merupakan serangkaian tahapan operasional yang harus dilaksanakan secara sistematis dan berurutan guna memastikan proses pendinginan sistem perpipaan dan tangki muatan berlangsung secara aman, terkendali, dan sesuai dengan standar operasional yang ditetapkan. Berdasarkan *Cargo Operating Manual* LNG/C Golden Isaia *Version* 1 (2013), prosedur ini terdiri dari lima tahap utama sebagai berikut.

a. Persiapan Sistem

Sebelum proses *line cooldown* dimulai, seluruh sistem harus dipastikan berada dalam kondisi aman dan siap operasi. Level LNG di dalam tangki harus dipastikan berada pada batas minimum yang dipersyaratkan, yakni sekitar 0,3meter atau sesuai ketentuan operasional yang berlaku, guna memastikan tersedianya cairan yang cukup untuk kebutuhan pendinginan. Seluruh sistem alarm dan trip protection harus dalam kondisi aktif dan tidak boleh dinonaktifkan (*bypass*). Tekanan di dalam tangki juga harus diperiksa guna memastikan nilainya tidak melebihi batas aman yang ditetapkan. Apabila diperlukan, tekanan dikendalikan melalui sistem pengendalian tekanan uap (*vapor pressure control*). Selanjutnya, LD Compressor dipersiapkan dalam kondisi siap operasi untuk mengatur aliran *Boil-Off Gas* (BOG) yang timbul selama proses pendinginan berlangsung.

b. Persiapan Jalur Vapor

Setelah tahap persiapan sistem dinyatakan selesai, jalur vapor dibuka sesuai prosedur yang berlaku. Proses ini mencakup pembukaan katup menuju ruang mesin atau sistem pembakaran (*boiler/engine*) apabila diperlukan untuk pengelolaan gas yang terbentuk. Sistem kemudian dipastikan dalam kondisi stabil sebelum cairan LNG dialirkan ke dalam jalur pipa, guna menghindari lonjakan tekanan mendadak yang dapat mengganggu keselamatan operasi

c. Pelaksanaan *Line Cooldown*

Proses *line cooldown* dimulai dengan membuka *spray valve* atau katup pendinginan secara perlahan dan bertahap, sehingga LNG dapat mengalir masuk ke dalam sistem perpipaan secara terkendali. Pembukaan katup tidak dilakukan sekaligus penuh, melainkan secara gradual, dengan tujuan menurunkan temperatur pipa secara bertahap. Pendekatan ini sangat penting untuk mencegah terjadinya *thermal stress* akibat perbedaan suhu yang ekstrem antara suhu lingkungan dan suhu LNG yang berada pada kondisi kriogenik

d. Monitoring dan Pengendalian

Selama proses pendinginan berlangsung, tekanan dan temperatur pada jalur pipa dipantau secara terus-menerus. Laju aliran LNG diatur sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan lonjakan tekanan maupun pembentukan uap yang berlebihan. BOG yang terbentuk selama proses pendinginan harus dikendalikan melalui sistem kompresor atau diarahkan ke sistem pemanfaatan gas yang tersedia di atas kapal, guna menjaga keseimbangan tekanan di dalam tangki tetap dalam batas aman.

e. Penyelesaian dan Verifikasi

Proses pendinginan dinyatakan selesai apabila temperatur pipa telah stabil dan mendekati suhu operasional LNG, serta tidak terdapat fluktuasi tekanan yang signifikan pada sistem. Setelah kondisi ini terpenuhi dan diverifikasi, jalur cairan dinyatakan siap untuk melanjutkan operasi pemuatan *(loading)* atau pembongkaran (*discharging)* LNG secara penuh, aman, dan efisien sesuai dengan rencana operasional yang telah ditetapkan.

6.3.1 COLD MAINTENANCE

Please refer to illustration 6.3.1a above.

It is assumed all valves are closed prior to use and a heel for cooldown has been retained in No.4 cargo tank, all other tanks have been allowed to warm up due to the length of the voyage.

The colder the tank temperatures are prior to loading the less boil-off there will be during the initial part of the voyage.

Operating Procedure for Cooling Down Cargo Tanks Prior to Arrival

a) Prepare one LD compressor on line to supply the engine room with boil-off gas for the boilers.

b) Adjust the set point of the LD compressor pressure control valve to 1070 mbarA (or the required value).

c) On No.1 LD compressor open the following valves:

Position	Description	Valve
Open	Vapour header to compressor supply line valve	CG704
Open	No.1 LD compressor inlet valve	CG901
Open	No.1 LD compressor outlet valve	CG913

d) On No.2 boil-off warm up heater open the following valves:

Position	Description	Valve
Open	No.2 heater inlet valve	CG918
Open	No.2 heater outlet valve	CG924
Auto	No.2 heater control valve	CG920
Auto	No.2 heater bypass control valve	CG922

From the IAS the flow of gas to the boilers is initiated by opening valve CG930.

CAUTION
The vapour heaters should be thoroughly preheated by steam before the admission of methane vapour. This prevents ice formation.

Personnel should always be present when the heater is put into operation, in order to locally monitor the temperature in the steam exhaust line and the vapour outlet. During local operation all monitoring facilities are available via the IAS display screens.

During local operation all alarms and trips are available and can be monitored from the IAS:

e) Check that the nitrogen pressurisation system for the insulation spaces is in automatic operation and lined up to supply the additional nitrogen necessary to compensate for the contraction of the nitrogen from cooling of the tanks.

f) Open the vapour dome outlet valves to the vapour header:

Position	Description	Valve
Open	No.1 tank vapour valve	CG100
Open	No.2 tank vapour valve	CG200
Open	No.3 tank vapour valve	CG300
Open	No.4 tank vapour valve	CG400

g) Open the valves on the spray line header:

Position	Description	Valve
Open	Spray block valve	CS701
Open	Spray block valve	CS700
Open	No.1 tank spray master valve	CS103
Open	No.2 tank spray master valve	CS203
Open	No.3 tank spray master valve	CS303
Auto	No.4 tank spray master valve	CS403
Auto	No.4 tank spray return valve	CS400
Auto	No.4 tank spray pump discharge valve	CS401

h) The No.4 spray pump is started in sequence after the spray discharge valve CS401 is opened, to allow minimum flow and to cool down the spray header.

i) Once cooldown of the spray header to No.4 tank is complete, the sequence automatically shuts in valve CS400 to allow the remainder of the spray line to cool down. Open the spray rail inlets on all tanks:

Position	Description	Valve
Open	No.1 tank starboard spray inlet valve	CS108
Open	No.2 tank starboard spray inlet valve	CS208
Open	No.3 tank starboard spray inlet valve	CS308
Open	No.4 tank starboard spray inlet valve	CS408

Note: Only one spray nozzle valve in each tank should be opened, otherwise the line pressure cannot be maintained and the flow rate of LNG will be excessive.

Care should be taken to maintain control of vapour pressure. Spraying should be controlled within the limits of the BOG capacity of the boilers and steam dump to avoid the need to vent.

j) Once all spray headers are cool, increase the flow by adjusting the spray pump discharge valve and flow to the tanks in order to maintain an even cooldown and control of vapour pressure.

k) When all the tanks have attained the required minimum average temperature, -130°C or lower, either continue to spray tanks until the required heel is transferred or as follows:

l) Open the spray return valves on No.1, 2 and 3 tanks, valves CS100, CS200 and CS300 and transfer the required amount of heel to each tank.

m) On completion of cooldown, leave the spray header valves open to allow the spray line to warm up to the ambient temperature before closing them.

The tank cooldown mimics are shown on the following page, illustration 6.3.1b.

Gambar 2.4

Operating Procedure For Cooling Down Cargo Tanks

Sumber: *Cargo Operating Manual* LNG/C Golden Isaia *Version* 1

B. PENELITIAN TERDAHULU

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Nama Penulis danTahun Terbitan	Hasil Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian Ini (Novelty)
1.	*Experimental Studies of Cargo Tank Cooldown in an LNG Carrier.* *Sumber: (https://shorturl.at/9hakt)*	Piasecki, T. et al. (2021)	Penelitian eksperimen ini menemukan bahwa penurunan temperatur tangki (*cooldown*) sangat dipengaruhi oleh distribusi aliran *spray* dan karakteristik termal dinding tangki. Ketika *spray* dilakukan secara bertahap melalui *spray headers*, temperatur permukaan tangki turun dengan laju yang dapat diprediksi, namun *cooling rate* berbeda antara bagian atas dan bawah tangki. *Spray pump* yang mengalirkan LNG ke *spray nozzles* meningkatkan keefektifan pendinginan tanpa menyebabkan *overpressure*, selama BOG yang dihasilkan dapat dimanfaatkan oleh sistem *boiler* atau dibakar. Skema *cooldown* yang terlalu agresif justru meningkatkan BOG secara cepat dan memicu perlunya pengaturan tekanan yang ketat, yang dapat diatasi dengan korelasi antara laju *spray* dan kapasitas *vapour handling.*	Penelitian ini mengkaji pelaksanaan *cooldown* Cargo Tank pada kondisi operasional nyata dengan mempertimbangkan perubahan jadwal, penggunaan *heel* LNG, dan pengelolaan BOG.

2.	*Boil-off gas balanced method of cool down* *Sumber:* (https://shorturl.at/NRkIm)	Kulitsa, M. (2020)	Model yang dikembangkan menunjukkan bahwa metode BOG-balanced *cooldown* yaitu *spray* berlanjut pada laju rendah yang sebanding dengan konsumsi BOG oleh *boiler*/mesin dapat menurunkan suhu tank secara lebih stabil dibandingkan metode *full spray inti intensif*. Metode ini memungkinkan *cooldown* dengan *heel* minimum yang lebih sedikit dan mengurangi kebutuhan akan *lift on heel* besar. Simulasi menunjukkan tekanan vapour tetap dalam batas aman, dan variasi suhu tank lebih homogen dibandingkan pendekatan konvensional.	Penelitian ini tidak berfokus pada pengembangan model simulasi, tetapi mengkaji penerapan pengelolaan BOG dalam kondisi operasional nyata serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kestabilan BOG selama proses *cooldown*.
3.	*Dynamic modeling and predictive control of Boil Off Gas generation during LNG Loading* *Sumber:*	Shin, K. et al. (2022)	Riset ini memodelkan perilaku BOG selama *cooldown* dan membandingkan hasil simulasi dengan data eksperimental. Hasil menunjukkan bahwa sistem kontrol yang memprediksi fluktuasi BOG berdasarkan laju *spray* dan temperatur tank dapat mengurangi kejadian *overpressure* secara signifikan. Model mereka juga menunjukkan bahwa mengintegrasikan kontrol PID pada *spray system* mampu mempertahankan	Penelitian ini mengkaji proses *cooldown* Cargo Tank berdasarkan kondisi operasional nyata di kapal LNG.

	(https://shorturl.at/OoPL3)		tekanan tank mendekati set point desain selama *cooldown* tanpa perlu venting.	
4.	*LNG tank system overview* Sumber: (https://shorturl.at/YPJNg)	Pelto, P.J. (1982)	Laporan teknis ini menyatakan bahwa *cooldown* harus dilakukan secara bertahap untuk mencegah *thermal shock*, dan menyarankan penggunaan *spray* sebagai metode yang paling praktis dibandingkan metode lain seperti *nitrogen cooling*.	Mengkaji pelaksanaan *cooldown* Cargo Tank berdasarkan kondisi operasional nyata dengan fokus pada perubahan jadwal dan pengelolaan BOG.
5.	*Optimization of line cooldown operations for ship readiness in discharging and Loading on LNG.* Sumber: (https://shorturl.at/T66cc)	Widyaprat ama, D., Hutagaol, S. H., & Rahman, A. (2024)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa optimalisasi proses *line cooldown* dan pengaturan *heel* sangat penting untuk meningkatkan kesiapan dan efisiensi operasional kapal LNG saat bongkar-muat. Pendinginan pipa harus dilakukan secara bertahap dan terkontrol untuk mencegah kerusakan akibat *thermal stress*, sementara pengelolaan *Boil Off Gas* (BOG) dan pengaturan katup yang tepat membantu menjaga stabilitas tekanan dan keselamatan sistem. Selain itu, penentuan jumlah *heel* yang optimal terbukti meningkatkan efisiensi penggunaan LNG sebagai bahan bakar. Secara keseluruhan, penerapan prosedur yang terstruktur membuat	Penelitian ini berfokus pada *Cargo Tank Cooldown* sebelum *loading* LNG dengan menganalisis perubahan jadwal operasional dan pengelolaan BOG menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif.

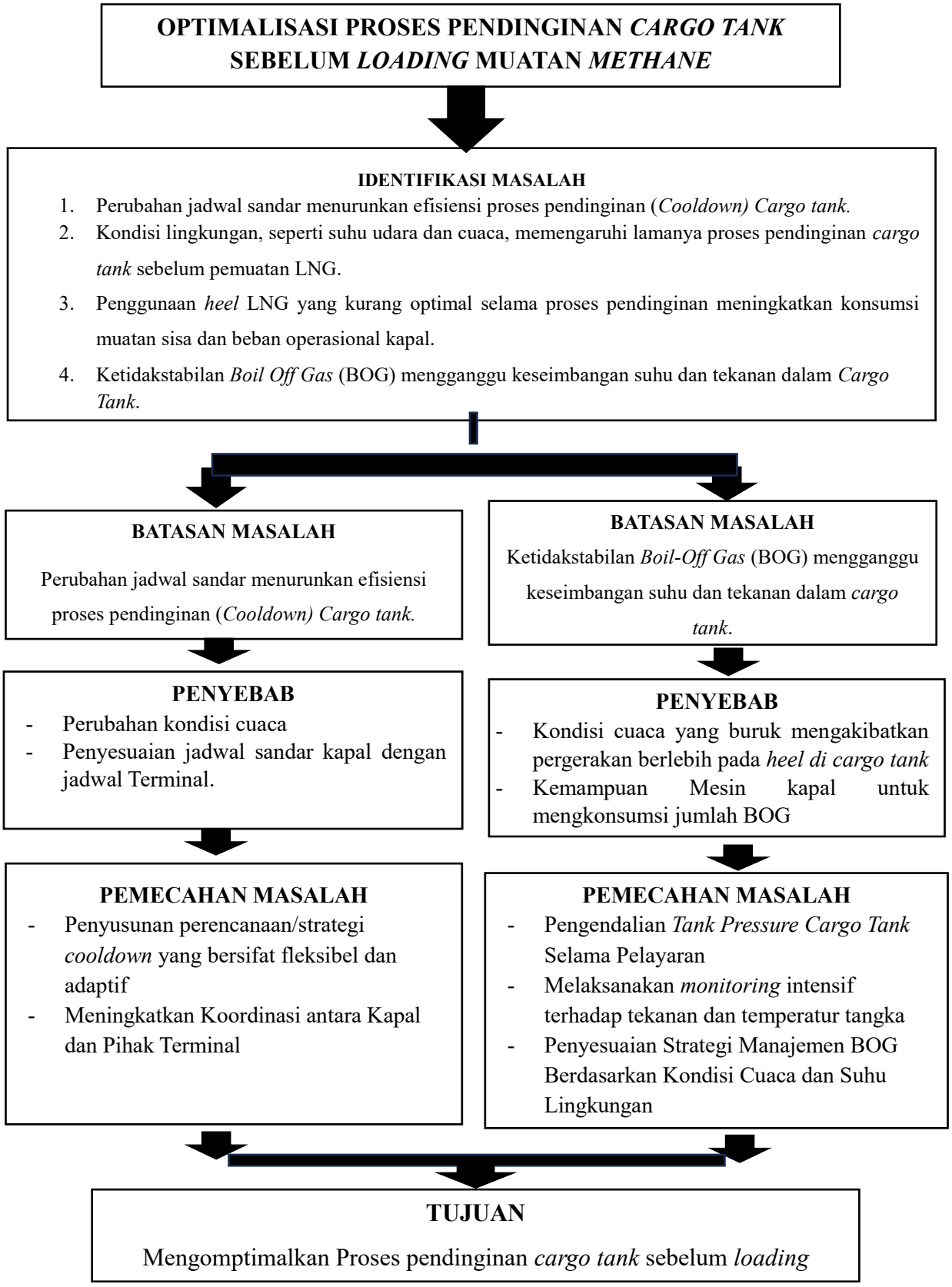
			operasi lebih aman, efisien, dan ekonomis.	

C. KERANGKA PEMIKIRAN

Proses pendinginan *Cargo Tank* merupakan tahapan penting dalam persiapan pemuatan LNG karena bertujuan menurunkan suhu tangki secara bertahap hingga mencapai suhu aman sebelum *Loading* muatan *Methane*. Proses ini harus dilakukan secara terkontrol untuk mencegah terjadinya *thermal shock*, ketidakstabilan tekanan, serta kerusakan struktur tangki akibat perbedaan suhu yang ekstrem. Dalam pelaksanaannya di LNG/C Golden Isaia, efektivitas *cooldown* sangat dipengaruhi oleh ketepatan perencanaan operasional, kestabilan sistem *Boil Off Gas* (BOG), serta pengaturan laju *spray* menggunakan *spray pump*. Apabila salah satu komponen tersebut tidak berjalan optimal, maka proses pendinginan dapat menjadi kurang efisien dan berpotensi mengganggu kesiapan kapal saat *Loading*.

Berdasarkan permasalahan yang ditemukan selama praktik laut, perubahan jadwal kapal dan ketidakstabilan pengelolaan BOG menjadi faktor utama yang memengaruhi keberhasilan proses *cooldown*. Perubahan jadwal dapat menyebabkan penyesuaian durasi pendinginan secara mendadak, sehingga penggunaan *heel* LNG menjadi kurang efisien dan tekanan dalam tangki sulit dikendalikan. Sementara itu, pengendalian BOG yang tidak seimbang antara laju pembentukan dan kapasitas penanganannya dapat memicu fluktuasi tekanan yang menghambat proses pendinginan. Oleh karena itu, penelitian ini memfokuskan analisis pada kedua faktor tersebut guna merumuskan langkah-langkah optimalisasi yang dapat meningkatkan efisiensi, kestabilan, dan keselamatan proses pendinginan *Cargo Tank* sebelum *Loading* LNG.

Dalam penelitian ini menempatkan perubahan jadwal kapal dan ketidakstabilan BOG sebagai variabel utama yang memengaruhi proses *cooldown Cargo Tank*. Kedua faktor tersebut dianalisis terhadap dampaknya pada efisiensi waktu, kestabilan tekanan dan temperatur, serta penggunaan *heel* LNG. Hasil analisis kemudian digunakan sebagai dasar penyusunan rekomendasi optimalisasi sistem pendinginan di kapal LNG/C Golden Isaia



Gambar 2. 4

Kerangka Pemikiran

Sumber: Dokumentasi penulis

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan mengenai optimalisasi proses pendinginan (*cooldown*) *Cargo Tank* sebelum *loading* muatan *methane* di kapal LNG/C Golden Isaia, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perubahan jadwal kapal menyebabkan proses pendinginan (*cooldown*) *Cargo Tank* tidak sesuai perencanaan sehingga menurunkan efisiensi operasional

Perubahan jadwal operasional terbukti memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi dan efektivitas pelaksanaan proses *cooldown* Cargo Tank. Kondisi tersebut mengakibatkan pelaksanaan pendinginan tidak dapat dilakukan sesuai dengan perencanaan awal, sehingga *crew* dituntut untuk melakukan penyesuaian secara cepat dan menyeluruh dalam kondisi yang tidak selalu ideal. Implikasi langsung dari perubahan jadwal ini meliputi:

a. Peningkatan laju pembentukan *Boil Off Gas* (BOG) yang tidak terkendali akibat pendinginan yang dipaksakan sebelum kondisi tangki siap.

b. Ketidakstabilan tekanan *Cargo Tank* yang menghambat kelancaran proses *cooldown*.

c. Pemanfaatan *heel* LNG yang tidak efisien akibat penyesuaian operasional yang dilakukan secara mendadak.

Di samping itu, perubahan jadwal yang tidak terencana turut meningkatkan beban kerja *crew* secara signifikan, karena pada waktu bersamaan harus menangani sejumlah pekerjaan operasional secara paralel, yang pada akhirnya berpotensi memengaruhi kualitas pengawasan dan objektivitas pengambilan keputusan di lapangan.

2. **Ketidakstabilan *Boil Off Gas* (BOG) mengganggu keseimbangan suhu dan tekanan dalam *Cargo Tank***

Ketidakstabilan *Boil Off Gas* (BOG) merupakan faktor teknis yang secara langsung mengganggu keseimbangan suhu dan tekanan di dalam *Cargo Tank*, sehingga menghambat efektivitas pelaksanaan proses *cooldown*. Kondisi tekanan tangki yang berada pada *level* relatif tinggi menjelang pelaksanaan pendinginan mengindikasikan bahwa permasalahan sesungguhnya telah terbentuk secara gradual sejak awal pelayaran (*ballast voyage*), sebagai akumulasi dari pengendalian BOG yang belum berjalan secara optimal. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan tinggi pada *Cargo Tank* bukan merupakan kondisi yang muncul secara tiba-tiba, melainkan merupakan hasil dari kurang optimalnya manajemen BOG selama pelayaran. Oleh karena itu, kestabilan BOG dan tekanan tangki sejak awal pelayaran merupakan prasyarat utama yang menentukan keberhasilan proses *cooldown* secara keseluruhan.

B. SARAN

1. Disarankan agar seluruh *crew* kapal meningkatkan pengendalian *Boil-Off Gas* (BOG) dan *tank pressure* selama pelayaran melalui monitoring yang rutin dan berkelanjutan. Selain itu, pelaksanaan *cooldown* perlu dilakukan secara fleksibel sesuai dengan kondisi tangki dan perubahan jadwal operasional, sehingga proses pendinginan dapat berjalan dengan aman dan efisien.
2. Disarankan Bagi Perwira yang Terlibat agar *Chief Officer* dan *Gas Engineer* meningkatkan koordinasi dalam pengambilan keputusan terkait pelaksanaan *cooldown*, khususnya dalam pengendalian BOG dan kesiapan mesin. Selain itu, diperlukan kemampuan analisis yang baik terhadap kondisi temperatur dan tekanan tangki, sehingga keputusan yang diambil tidak hanya berdasarkan jadwal, tetapi juga berdasarkan kondisi aktual di lapangan.
3. Disarankan agar pihak perusahaan meningkatkan koordinasi dan komunikasi dengan kapal, khususnya terkait perubahan jadwal operasional, sehingga *crew* memiliki waktu yang cukup untuk melakukan penyesuaian proses *cooldown*. Selain itu, perusahaan diharapkan memberikan dukungan berupa prosedur operasional yang jelas serta pembaruan sistem monitoring untuk membantu *crew* dalam menjaga kestabilan BOG dan *tank pressure* selama pelayaran

DAFTAR PUSTAKA

Agus Rustamana. 2024. *Teknik Pengumpulan Data dalam Penelitian Kualitatif*. Jurnal MARCOPOLO.

Bradshaw, C., Atkinson, S., dan Doody, O. 2017. *Employing a Qualitative Description* Approach in Health Care Research. Global Qualitative Nursing Research.

Cargo Operating Manual LNG/C Golden Isaia. 2013. Jakarta: PT Equinox Bahari Utama.

Creswell, J. W. 2018. Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. United States: Sage Publications.

Englert, D., Losos, A., Raucci, C., dan Smith, T. 2021. The Potential of LNG as a Marine Fuel in Reducing Emissions. International Transport Forum.

Furidha. 2024. Karakteristik Penelitian Deskriptif Kualitatif. Indonesian Journal of Interdisciplinary Research in Science and Technology.

International Maritime Organization (IMO). 2016. International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (IGC Code). London: IMO Publishing.

Kongsberg Maritime. 2020. Vessel Automation System Overview. Tersedia pada: https://www.kongsberg.com

Kulitsa, M. 2020. Boiloff Gas Balanced Method of Cool Down. Tersedia pada: https://shorturl.at/NRkIm

Lee, S. 2019. LNG Cryogenic Technology and Applications in Energy Systems. Journal of Energy Engineering.

Malabay. 2016. Pemanfaatan Fishbone Diagram dalam Analisis Masalah. Jurnal Ilmu Komputer.

Miles, M. B., Huberman, A. M., dan Saldaña, J. 2014. Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook. United States: Sage Publications.

Muzhoffar, A., dan Riadi, M. 2024. Analisis Proses Cooldown pada Cargo Tank LNG. Jurnal Transportasi Laut.

Noor Akashah, N., dkk. 2023. Cryogenic Characteristics of LNG in Storage and Transport Systems. Journal of Natural Gas Science and Engineering.

Pelto, P. J. 1982. LNG Tank System Overview. Tersedia pada: https://shorturl.at/YPJNg

Piasecki, T., dkk. 2021. Experimental Studies of Cargo Tank Cooldown in an LNG Carrier. Tersedia pada: https://shorturl.at/9hakt

Shin, K., dkk. 2022. Dynamic Modeling and Predictive Control of Boil Off Gas Generation During LNG Loading. Tersedia pada: https://shorturl.at/OoPL3

SIGTTO. 2016. Liquefied Gas Handling Principles on Ships. London: Society of International Gas Tanker and Terminal Operators.

Turksen, Ö. 2023. LNG as a Transitional Energy Source in Global Energy Systems. Energy Policy.

Widyapratama, D., Hutagaol, S. H., dan Rahman, A. 2024. Optimization of Line Cooldown Operations for Ship Readiness in LNG Loading. Tersedia pada: https://shorturl.at/T66cc

Zichittella, M., dan Pérez-Ramírez, J. 2021. Status and Outlook of Natural Gas as Transition Energy. Energy & Environmental Science.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengajuan Sinopsis

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN
JAKARTA

PENGAJUAN SINOPSIS SKRIPSI

NAMA	:	Aefril Iranda Gultom
NRP	:	365221387
KELAS	:	Nautika 7 Delta
JURUSAN	:	Nautika
SEMESTER	:	VII

Mengajukan Sinopsis Skripsi sebagai berikut:

A. JUDUL

"OPTIMALISASI PROSES PENDINGINAN CARGO TANK SEBELUM LOADING MUATAN METHANE GUNA MEMPERLANCAR PROSES LOADING DI KAPAL LNG/ C GOLDEN ISAIA"

B. LATAR BELAKANG MASALAH

Energi menjadi salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia modern, mendukung hampir setiap aspek kehidupan mulai dari industri, transportasi, hingga rumah tangga. Namun, dengan meningkatnya ketergantungan dunia terhadap energi, sebagian besar sumber energi yang digunakan masih berasal dari bahan bakar fosil, seperti minyak, batubara, dan gas alam. Penggunaan bahan bakar fosil ini tidak hanya menyebabkan menipisnya cadangan energi yang ada, tetapi juga berkontribusi besar terhadap perubahan iklim global akibat emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Oleh karena itu, dunia kini menghadapi tantangan besar untuk beralih ke sumber energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Salah satu bentuk energi terbarukan yang semakin banyak digunakan adalah *Liquefied Natural Gas* (LNG), yang merupakan bentuk gas alam yang telah dipadatkan dengan cara dibekukan pada suhu yang sangat rendah untuk memudahkan transportasi dan penyimpanan. LNG dianggap sebagai bahan bakar yang lebih bersih dibandingkan dengan bahan bakar fosil lainnya, seperti minyak dan batubara, karena pembakaran LNG menghasilkan emisi karbon yang lebih rendah. Sebagai solusi transisi energi, LNG dapat

Scanned with CamScanner

menggantikan bahan bakar fosil yang lebih mencemari, dan dengan teknologi yang tepat, LNG dapat memainkan peran penting dalam pengurangan emisi global. LNG telah mendapatkan perhatian sebagai alternatif yang lebih bersih untuk pembangkitan energi, proses industri, transportasi, dan pemanasan residensial (Zichittella dan Pérez-Ramírez, 2021). LNG menawarkan beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar fosil tradisional, termasuk emisi karbon yang lebih rendah, pengurangan polusi udara, dan fleksibilitas yang lebih besar dalam transportasi dan penyimpanan (Englert et al., 2021). Sebagai hasilnya, LNG semakin banyak diadopsi di berbagai sektor untuk memenuhi kebutuhan energi sambil meminimalkan dampak lingkungan. Di sektor pembangkitan energi, LNG semakin mendapatkan perhatian sebagai alternatif yang lebih bersih dibandingkan dengan pembangkit listrik berbahan bakar batu bara dan minyak. Banyak negara yang beralih menuju pembangkit listrik berbahan bakar LNG untuk mengurangi emisi karbon dan mematuhi peraturan lingkungan yang lebih ketat (Turksen, 2023).

LNG merupakan gas alam yang dibekukan pada suhu sangat rendah hingga mencapai keadaan cair dengan suhu sekitar -160°C. Proses perubahan gas alam menjadi cair ini memberikan LNG sifat *kriogenik*, yang berarti LNG memiliki suhu sangat rendah yang dapat menyebabkan kerusakan pada material atau bahkan cedera serius jika terjadi kontak langsung. Penggunaan LNG sebagai sumber energi transisi menguntungkan karena dapat mengurangi emisi karbon, tetapi juga menuntut perhatian ekstra dalam proses transportasi dan penyimpanan untuk menjaga keamanannya. Salah satu tantangan utama dalam transportasi LNG adalah memastikan bahwa suhu tetap terjaga dalam kondisi yang stabil dan aman selama perjalanan, baik di atas kapal maupun sebelum proses pemuatan.

Proses transportasi LNG melibatkan penanganan yang sangat hati-hati, mengingat LNG harus disimpan pada suhu yang sangat rendah dan dalam bentuk cair. Hal ini membuat sistem penyimpanan dan pengiriman LNG harus dirancang secara efisien dan aman, agar tidak ada kehilangan kualitas atau kebocoran yang dapat membahayakan. Salah satu aspek penting dalam transportasi LNG adalah proses pendinginan *cargo tank* pada kapal LNG, yang bertujuan untuk menjaga agar tangki berada suhu aman untuk dimuat (-130°C). Proses ini membutuhkan teknologi canggih serta prosedur yang ketat untuk memastikan bahwa suhu tangki tetap berada pada level yang aman.

Selain itu, dalam persiapan pemuatan LNG ke dalam kapal, proses *cooldown tank* menjadi sangat penting. Proses ini bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada tangki akibat perbedaan suhu ekstrem yang terjadi saat cairan LNG yang sangat dingin

CS Scanned with CamScanner

dimuat ke dalam tangki yang belum cukup dingin. Selama proses *cooldown*, tangki kapal disemprot dengan *heel* atau muatan sebelumnya yang masih ada, menggunakan spray pump dengan flow rate tertentu, hingga suhu permukaan tangki mencapai suhu yang lebih aman, seperti -130°C untuk membrane tank dan -115°C untuk *Moss Rosenberg* tank (Muzhoffar & Riadi, 2024). Proses cooldown yang tepat sangat penting untuk menghindari kerusakan material tangki atau potensi kebocoran yang dapat terjadi akibat perbedaan suhu yang drastis, yang dapat menyebabkan *shock temperature*.

Selain itu, Proses pendinginan cargo tank pada kapal LNG harus mempertimbangkan berbagai faktor eksternal yang dapat mempengaruhi kinerja sistem, seperti kondisi cuaca dan karakteristik muatan. Suhu udara luar dan kelembapan dapat mempengaruhi durasi pendinginan, sementara volume LNG yang tersisa (heel) dalam tangki juga berperan dalam efisiensi proses tersebut. Perubahan jadwal kapal, misalnya penundaan kedatangan di terminal, dapat menyebabkan perpanjangan waktu pendinginan yang berisiko mengganggu kestabilan suhu dan tekanan didalam tangki. Selain itu, penting untuk mengelola penggunaan heel secara efisien, karena pemakaian heel yang berlebihan akan meningkatkan biaya operasional kapal. Oleh karena itu, untuk mengoptimalkan proses pendinginan, perlu ada pengelolaan waktu, suhu, dan heel secara hati-hati agar konsumsi energi dan sumber daya dapat diminimalkan, sementara proses pendinginan tetap aman dan efisien.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor diatas penulis memutuskan membuat karya ilmiah yang berjudul **"OPTIMALISASI PROSES PENDINGINAN CARGO TANK SEBELUM LOADING MUATAN METHANE GUNA MEMPERLANCAR PROSES LOADING DI KAPAL LNG/ C GOLDEN ISAIA"** yang bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan proses pendinginan dan memberikan rekomendasi untuk meningkatkan sistem pendinginan, sehingga keselamatan, efisiensi,

C. IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan utama yang ditemukan saat pelaksanaan *cooldown cargo tank* t, yaitu:

1. Perubahan jadwal kapal mempengaruhi waktu yang tersedia untuk pendinginan dan menyebabkan penurunan efisiensi sistem pendinginan.

Scanned with CamScanner

2. Faktor lingkungan seperti suhu udara dan kondisi cuaca dapat mempengaruhi durasi pendinginan dan efisiensi.
3. Ketidakstabilan sistem manajemen BOG yang dapat mengganggu keseimbangan suhu dan tekanan dalam tangki.

D. BATASAN MASALAH

Dikarenakan luasnya cakupan penelitian dan berdasarkan kemampuan serta pengalaman yang penulis miliki, maka penulis membatasi pemahamannya dengan memilih pembahasan penelitian mengenai:

1. Penelitian ini hanya akan membahas tentang proses pendinginan cargo tank pada kapal LNG/C Golden Isaia dan faktor-faktor yang mempengaruhinya, termasuk pengelolaan suhu dalam tangki dan tekanan sehingga tangki siap untuk untuk dimuat.
2. Penelitian ini akan membatasi pembahasan pada sistem pendinginan yang ada pada kapal LNG/C Golden Isaia selamma penulis melaksanakan praktik laut selama 1 tahun.
3. Penelitian ini juga akan memberikan solusi untuk mengoptimalkan proses pendinginan cargo tank, dengan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi sistem pendinginan dan memberikan rekomendasi untuk peningkatan kinerja sistem pendinginan yang lebih efisien dan aman.

E. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan pengalaman penulis selama berlayar di kapal LNG/C Golden Isaia, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja faktor yang mempengaruhi durasi pendinginan serta efisiensi sistem pendinginan pada kapal LNG/C Golden Isaia?
2. Apa saja langkah-langkah yang dapat diambil untuk mengoptimalkan proses pendinginan cargo tank, sehingga sistem pendinginan menjadi lebih efisien, aman.
3. Bagaimana ketidak stabilan sistem manajemen BOG dapat mengganggu keseimbangan suhu dan tekanan dalam tangki, serta bagaimana hal ini berdampak pada proses pendinginan dan keselamatan pengoperasian kapal?

F. PENJELASAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan mengoptimalkan proses pendinginan cargo tank pada kapal LNG/C Golden Isaia sebelum pemuatan muatan LNG. Proses pendinginan yang efisien sangat penting untuk menjaga agar tangki LNG berada pada suhu yang aman untuk dimuat, yaitu sekitar -130°C untuk tangki membran dan -115°C untuk Moss Rosenberg tank. Penelitian ini akan fokus pada identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan pendinginan, seperti perubahan jadwal kapal, kondisi lingkungan, serta pengelolaan Boil-Off Gas. Dengan mengevaluasi faktor-faktor ini,

CS Scanned with CamScanner

Selain itu, penelitian ini juga akan mengkaji bagaimana ketidakstabilan sistem manajemen BOG selama perjalanan kapal dapat mempengaruhi kestabilan suhu dan tekanan dalam tangki LNG. BOG yang tidak terkelola dengan baik dapat menyebabkan peningkatan tekanan atau kerusakan material pada tangki, serta berisiko mengganggu proses pendinginan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi solusi untuk mengoptimalkan pengelolaan BOG agar suhu dan tekanan dalam tangki LNG dapat terjaga secara optimal, tanpa mengganggu keseluruhan operasi kapal dan proses pemuatan LNG.

Penelitian ini juga akan menganalisis faktor eksternal, seperti kondisi cuaca dan suhu udara di sekitar kapal, yang dapat mempengaruhi durasi dan efisiensi proses pendinginan. Dengan memahami pengaruh faktor-faktor ini, diharapkan dapat ditemukan cara untuk menyesuaikan metode pendinginan agar tetap efisien meskipun dalam kondisi cuaca yang tidak mendukung. Secara keseluruhan, penelitian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi praktis mengenai optimalisasi sistem pendinginan cargo tank, yang dapat meningkatkan keamanan, efisiensi operasional, dan penghematan biaya dalam transportasi LNG.

Metode Pengumpulan Data: Kualitatif

a. Observasi
b. Dokumentasi
c. Wawancara

Jakarta, 2025

Menyetujui

Pembimbing Utama	Pembimbing Pendamping	Mahasiswa
Bhima Siswo Putro SsiT MM, S.SiT.,MM	**Imam Fachrudin, S.Si., M.Sc.,**	**Aefril Iranda Gultom**
NIP 197305262008121001	NIP. 197510121998081001	NRP. 365221387

Mengetahui,
Ketua Jurusan Nautika

Dr. Meilinasari N.H, S.SiT., M.MTr.
Penata Tk.I (III/d)
NIP. 198105032002122001

Scanned with CamScanner

Lampiran 2 Lembar Bimbingan

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN
PROGRAM DIPLOMA IV
JAKARTA

PEMBIMBING UTAMA : Bhima Siswo Putro SsiT MM, S.SIT.,MM

MATERI PEMBIMBING : Optimalisasi proses pendinginan cargo tank sebelum loading muatan methane guna memperlancar proses loading dikapal LNG Gologn 13

NO.	TANGGAL	URAIAN MATERI	TANDA TANGAN PEMBIMBING
1	18 NOV 2025	Pengajuan Judul & Judul.	
2	20/01 2026	Bab I.	
3	23/07 2026	Bab I. Revisi. Bab II Lengkapi.	
4	04/02 26.	Bab I Tambah. Bab III Lengkapi.	
5	04/03 26	Bab II (penulisan/gambar, Referensi. dan kelengkapan penulisan). Bab III (Flowchart).	
6	02/04 26	Bab II dll. Bab III dll. Bab IV Lengkapi	
7	10/04 26	Bab IV (pembahasan masalah). Bab V. (Saran + Kesimpulan)	
8	04/05 26.	Bab III & IV. Dilengkapi. Lengkapi kembali.	
9	25/05 26	Lengkap & siap untuk Sidang.	
10			

Catatan :

1. *Kepada Dosen Pembimbing agar melengkapi form, minimal 8 (delapan) kali pertemuan.*
2. *Kepada Penulis agar form di lampirkan pada saat pengumpulan tugas akhir/jilid.*

FM.JR.1.028-R.2

Dipindai dengan CamScanner

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN
PROGRAM DIPLOMA IV
JAKARTA

PEMBIMBING PENDAMPIN : Imam Fachrudin, S.Si., M.Sc.

MATERI PEMBIMBING : Optimalisasi proses pendinginan cargo tank sebelum loading Muatan Methana Guna Memperlancar proses loading Kapal LNGC/ GASDEN ISOIN

NO.	TANGGAL	URAIAN MATERI	TANDA TANGAN PEMBIMBING
1	20-11-2025	Acc. Lanjut.	
2	20-2-2026	Perbaiki Cat I & II	
3	26-2-2026	Perbaiki Bab I & II	
4	11-3-2026	- Acc Bab I, - perbaiki Bab II & III	
5	10-4-2026	- Acc Bab II & III - perbaiki bab IV (Strategi)	
6	9-6-2026	perbaiki bab 4 sesuai catatan	
7	15-6-2026	Jika bisa Disesuaikan manual kemudian analisis data	
8	17-6-2026	Bisa Dijilidkan	
9			
10			

Catatan :

1. *Kepada Dosen Pembimbing agar melengkapi form, minimal 8 (delapan) kali pertemuan.*
2. *Kepada Penulis agar form di lampirkan pada saat pengumpulan tugas akhir/jilid.*

FM.JR.1.028-R.2

Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 3 Hasil Turnitin

Perpustakaan STIP Jakarta

Turnitin_OPTIMALISASI PROSES PENDINGINAN CARGO TANK SEBELUM LOADING MUATAN METHANE DI KAPAL LNG...

Sabtu

Document Details

Submission ID
trn:oid:::3618:142226102

Submission Date
Jun 9, 2026, 10:06 AM GMT+7

Download Date
Jun 9, 2026, 10:14 AM GMT+7

File Name
OPTIMALISASI PROSES PENDINGINAN CARGO TANK SEBELUM LOADING MUATAN METHANE DI K....pdf

File Size
2.8 MB

75 Pages

16,757 Words

109,886 Characters

turnitin Page 1 of 88 - Cover Page Submission ID trn:oid:::3618:142226102

13% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

10% Internet sources
5% Publications
11% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

6.2.5 COOLING DOWN CARGO TANKS

Introduction

Arriving at the terminal to load the first cargo after refit or repairs where the vessel was required to be gas free, the cargo tanks will be inert and at ambient temperature. After the cargo system has been purge-dried and gassed up, the headers and tanks must be cooled down before loading can commence. The cooldown operation follows immediately after the completion of gassing up, using LNG supplied from the terminal.

The rate of cooldown is limited for the following reasons:

- Vapour generation must remain within the capabilities of the HD compressors to maintain the cargo tanks at a pressure between 70 mb and 120 mb.
- To remain within the capacity of the nitrogen system to maintain the interbarrier and insulation spaces at the required positive pressures.
- To avoid excessive pump tower stress.

Unlike rigid cargo tank designs, vertical thermal gradients in the tank walls are not a significant limitation on the rate of cooldown. If the terminal can handle the vapours, all four cargo tanks can be simultaneously cooled down to an average temperature in each of -130°C in 10 hours and use about 400 m³ of LNG.

LNG is supplied from the terminal to one of the four liquid manifolds and from there directly to the spray header which is open to one of the two spray headers in each tank, the other header is a 100% backup. Once the cargo tank cooldown is nearing completion, the liquid manifold crossovers, liquid header and loading lines are cooled down.

Cooldown of the cargo tanks is considered complete when the temperature sensors in each tank indicate an average tank temperatures of -130°C or colder as per terminal requirements. Arzew requires a bottom temperature of -155°C before start of loading. When the required temperatures as per the terminal regulations have been reached, and the Custody Transfer System (CTS) registers the presence of liquid, bulk loading can begin. Vapour generated during the cooldown of the tanks is returned to the terminal via either the terminals vapour return compressors or one of the ship's HD compressors and the vapour manifold as in the normal manner for loading.

During cooldown, nitrogen flow to the IBS and IS spaces will significantly increase as those spaces cool down. It is essential that the rate of cooldown in the cargo tanks is controlled so that it remains within the limits of the nitrogen system to maintain the interbarrier and insulation space at a minimum pressure of at least 3 mb above atmospheric pressure.

Cooling down cargo tanks from +30 to -130°C so they can be loaded requires LNG to be sprayed into the tanks for about 10 hours at a rate of 40 m³/h, or about 400 m³ total That quantity is sufficient to cool the tank vapour and primary membrane to the desired -130°C temperature to permit the tanks to be loaded within 12 hours. An additional 400 m³ of LNG above the normal boil off rate will be vaporised during the first 3-4 days after loading to fully cool all of the cargo tank insulation to the loaded voyage operating temperature.

LNG Quantity used for Cooldown in 10 Hours

Port Header - If all four cargo tanks are cooled simultaneously through the spray nozzles in the port cooldown header for 10 hours continuously at an average spray header pressure of 2 bar, then the LNG quantity used for cooldown will be about 400 m³ and the average temperature in each tank will be -130°C or colder.

Starboard Header - If the starboard header is used instead of the port header in each tank, then the total LNG used for cooldown will remain about 400 m³ but the time taken will be less than the 10 hours required to cool the tanks when using the port headers.

The following table from Gaz Transport & Technigas is based on the average cooldown data from other Mark111 E type membrane vessels, of similar size with 2 bar pressure to the spray rail. This is only a guide and individual vessels may differ.

Cooling Down Time	Primary Barrier Mean Temperature
0 hour	30°C
1 hour	12°C
2 hours	-20°C
3 hours	-47°C
4 hours	-67°C
5 hours	-85°C
6 hours	-100°C
7 hours	-113°C
8 hours	-118°C
9 hours	-125°C
10 hours	-130°C

The following table can be used as a guide to calculate the quantity of LNG and the time required to complete cooldown of all four tanks that are not fully cooled down to -130°C before loading can be started.

Initial Avg Tank Temp	Time to Cool to Avg Temp -130°C	Quantity
°C	Hours	m³
30	10	400
12	9	360
-20	8	320
-47	7	280
-67	6	240
-85	5	200
-100	4	160
-113	3	120
-118	2	80
-125	1	40
-130	0	0

Operating Procedure to Prepare for Tank Cooldown

It is good practice to place in service the heating system for the cofferdams at least 1 to 2 days before the cargo tank cooldown operation is carried out, this is in order to ensure that the cofferdam heating system is functioning correctly. Please refer to section 5.3 Cofferdam Heating System.

a) Prepare the trends and records for the tank, secondary barrier and hull temperatures. It is good practice to print a record of the cooldown operation every hour in order to have a permanent record of the tank temperatures.

b) Check that the nitrogen pressurisation system for the insulation spaces is in automatic operation and lined up to supply the additional nitrogen necessary to compensate for the contraction of the nitrogen from cooling of the tanks.

c) Check that the gas detection system is in normal operation.

d) Prepare both nitrogen generators for use. See Mimic N2 Generator, one generator will be sufficient, but prepare both for standby in case one should fail.

e) Prepare both HD compressors for use, however, only one should be needed to return the vapour to the shore.

f) Select either the port or starboard spray header in the tanks for operation. Only one header per tank is to be used. Open the remote stop valve for the selected header to be used.

g) To break the vapour lock, initially open both spray nozzle inlet valves in each tank until medium frosting can be seen on the uninsulated pipe elbows on the liquid dome, then close the inlet valve to the header not to be used.

h) Use the CTS display for a quick comparison of tank temperatures, pressure and level in each tank.

Operating Procedure for Gas Return through the Vapour Header

Please refer to illustration 6.2.5a above.

Assuming the ship is at the ready to prepare for cooldown after the completion of gassing up:

a) Open the spray header valves on each tank to both spray rails until the vapour lock has cleared then close the starboard rail down:

Position	Description	Valve
Open	No.1 tank spray master valve	CS103
Open	No.1 tank spray inlet valve	CS107, CS108
Open	No.2 tank spray master valve	CS203
Open	No.2 tank spray inlet valve	CS207, CS208
Open	No.3 tank spray master valve	CS303,
Open	No.3 tank spray inlet valve	CS307, CS308
Open	No.4 tank spray master valve	CS403
Open	No.4 tank spray inlet valve	CS407, CS408

Note: Only one spray rail is used per tank, the port rail has been used as an example. The port rail has 74 nozzles and the starboard rail 82 nozzles in total in all four tanks; 71 nozzles are enough to cool down all tanks in 10 hours.

b) Open the vapour valves on each tank as all the tanks are kept connected to the vapour header:

Position	Description	Valve
Open	No.1 tank vapour valve	CG100
Open	No.2 tank vapour valve	CG200
Open	No.3 tank vapour valve	CG300
Open	No.4 tank vapour valve	CG400

c) Prepare both HD compressors for use.

d) Adjust the set point of both HD compressors' pressure control valve to 60 mb (or the required value).

e) On the HD compressors open the following valves:

Position	Description	Valve
Open	Vapour header to compressor supply line	CG704
Open	No.1 HD compressor inlet valve	CG903
Open	No.2 HD compressor inlet valve	CG904
Auto	No.1 HD compressor surge valve	CG907
Auto	No.2 HD compressor surge valve	CG908
Open	No.1 HD compressor outlet valve	CG915
Open	No.2 HD compressor outlet valve	CG916
Open	Compressor supply to vapour manifold valve	CG900

f) Open the vapour manifold valve CG071 (port side). This will enable a free flow of gas to the terminal and is a check that the pipeline layout on board has been arranged correctly.

g) Request the terminal to supply LNG liquid for the cooling down operation at minimum flow.

h) Once the vapour lock has cleared and frosting appears on both spray rail pipe elbows, close the starboard spray rail inlet valves on all tanks and continue the cooldown using the port rail only:

Position	Description	Valve
Close	No.1- 4 tank starboard spray inlet valves	CS108, CS208, CS308, CS408

i) When the vapour pressure inside the tanks rises to approximately 70 mb start one of the HD compressors as necessary using the IAS. Increase the spray nozzle pressure to 2.0 bar:

Position	Description	Valve
Auto	No.1 HD compressor bypass valve	CG907
Auto	No.2 HD compressor bypass valve	CG908

j) Using the IAS, monitor the pressure inside the tanks and temperature cooldown rate. Adjust the pressure using the hydraulic driven valves CS103, CS203, CS303, CS403 if required. Open or close the port spray rail inlet valves CS107, CS207, CS307 and CS407 to obtain an average temperature fall of 25/30°C per hour during the first 4 hours, thereafter 10/12°C per hour.

If the cargo tank pressure increases to above 120 mb, request the terminal to reduce the supply of LNG, or increase the flow through the HD compressor by adjusting the set point on the HD compressor control valves.

If the pressure decreases, reduce the flow through the HD compressors by adjusting the set point of both HD compressors by the control valve.

Spray Maintenance - Partial Cooldown

Spray maintenance is a mode for keeping the correct temperature in the tanks after a tank has been cooled down and keeping the tanks partially cooled during the ballast voyage. If the temperature in one of the tanks selected for spray maintenance should rise above the defined limit, the selected spray pump will start automatically.

For this operation only one spray header in a tank would be used.

Spray Headers in Cargo Tanks

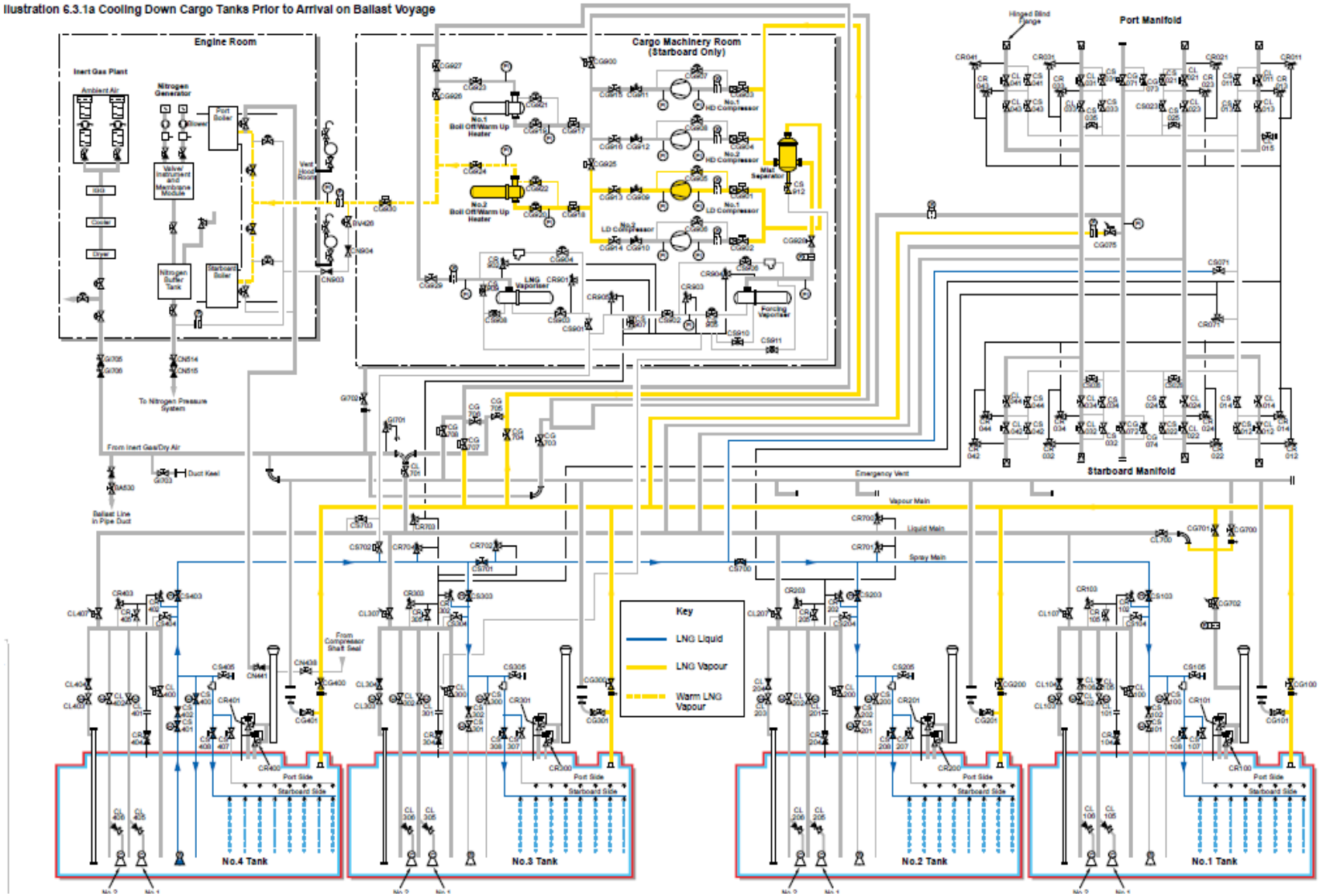
Only one spray header should be used in each tank for cooldown, the other header is a 100% backup.

Nozzle Model EMANI 'Whirljet' 3/4 BD 25

Flow rate for LNG at 2 bar = 0.541 m³/h

No. of Nozzles	Tank 4	Tank 3	Tank 2	Tank 1	Total
Port Header	19	21	21	13	74
Starboard Header	21	23	23	15	82
Flow Rate at 2 bar = 0.541 m³/h per nozzle					
Port Header	10.28	11.36	11.36	7.03	40.03
Starboard Header	11.36	12.44	12.44	8.12	44.36

Illustration 6.3.1a Cooling Down Cargo Tanks Prior to Arrival on Ballast Voyage



Lampiran 5 *Safety Data Sheet* LNG

SAFETY DATA SHEET

NATURAL GAS, REFRIGERATED LIQUID
(CRYOGENIC LIQUID)

Section 1. Identification

GHS product identifier	NATURAL GAS, REFRIGERATED LIQUID (CRYOGENIC LIQUID)
Other means of identification	Liquefied natural gas (LNG)
Product code	0000001593
SDS no.	0000001593
Historic SDS no.	None

Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Use of the substance/ mixture	Fuel.
Manufacturer	
Supplier	BP Berau Ltd. Perkantoran Hijau Arkadia Jl. Letjen TB. Simatupang Kav.88 Jakarta 12520 Indonesia
EMERGENCY TELEPHONE NUMBER	+62 21 78549111

Section 2. Hazards identification

GHS Classification

FLAMMABLE GASES - Category 1
GASES UNDER PRESSURE - Category 1
LONG-TERM (CHRONIC) AQUATIC HAZARD - Category 3

GHS label elements, including precautionary statements

Hazard pictograms



Signal word

Danger

Hazard statements

H220 - Extremely flammable gas.
H280 - Contains gas under pressure; may explode if heated.
H412 - Harmful to aquatic life with long lasting effects.

Precautionary statements

Prevention

P210 - Keep away from heat, hot surfaces, sparks, open flames and other ignition sources. No smoking.
P273 - Avoid release to the environment.

Response

P377 - Leaking gas fire: Do not extinguish, unless leak can be stopped safely.
P381 - Eliminate all ignition sources if safe to do so.

Storage

P410 - Protect from sunlight.
P403 - Store in a well-ventilated place.

Disposal

P501 - Dispose of contents and container in accordance with all local, regional, national and international regulations.

Other hazards which do not result in classification

Acts as a simple asphyxiant.
At very high concentrations, can displace the normal air and cause suffocation from lack of oxygen.
Liquid can cause burns similar to frostbite.

Scanned with CamScanner

Section 3. Composition/information on ingredients

Substance/mixture Substance

Complex hydrocarbon substance. Contains <0.1% 1,3-butadiene.

Ingredient name	%	CAS number
Natural gas, dried	100	68410-63-9
Contains:		
Methane	50 - 100	74-82-8
Ethane	10 - 20	74-84-0
Propane	1 - 5	74-98-6
Butane	1 - 5	106-97-8
pentane	1 - 5	109-66-0
Nitrogen	1 - 5	7727-37-9
Carbon dioxide	0 - 0.1	124-38-9

There are no additional ingredients present which, within the current knowledge of the supplier and in the concentrations applicable, are classified as hazardous to health or the environment and hence require reporting in this section.

Occupational exposure limits, if available, are listed in Section 8.

Section 4. First aid measures

Description of necessary first aid measures

Inhalation If inhaled, remove to fresh air. In case of inhalation of decomposition products in a fire, symptoms may be delayed. The exposed person may need to be kept under medical surveillance for 48 hours. Get medical attention if symptoms occur.

Ingestion Never give anything by mouth to an unconscious person. If unconscious, place in recovery position and get medical attention immediately. Ingestion of liquid can cause burns similar to frostbite. If frostbite occurs, get medical attention. As this product rapidly becomes a gas when released, refer to the inhalation section. Move exposed person to fresh air. Get medical attention if adverse health effects persist or are severe. Keep person warm and at rest.

Skin contact Do not use hot water. Flush contaminated skin with plenty of water. Drench contaminated clothing with water before removing. This is necessary to avoid the risk of sparks from static electricity that could ignite contaminated clothing. Contaminated clothing is a fire hazard. Contaminated leather, particularly footwear, must be discarded. Remove contaminated clothing and shoes. Clean shoes thoroughly before reuse. In case of contact with liquid, warm frozen tissues slowly with lukewarm water and get medical attention. Get medical attention if symptoms occur. Do not apply ointment or powders. DO NOT rub or compress the burnt area of skin. DO NOT attempt to remove portions of clothing glued to the skin, but cut round them.

Eye contact In case of contact, immediately flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes. Eyelids should be held away from the eyeball to ensure thorough rinsing. Check for and remove any contact lenses. Get medical attention if symptoms occur.

Protection of first-aiders No action shall be taken involving any personal risk or without suitable training. If it is suspected that fumes are still present, the rescuer should wear an appropriate mask or self-contained breathing apparatus. It may be dangerous to the person providing aid to give mouth-to-mouth resuscitation.

Most important symptoms/effects, acute and delayed

See Section 11 for more detailed information on health effects and symptoms.

Indication of immediate medical attention and special treatment needed, if necessary

Specific treatments No specific treatment.

Notes to physician Treatment should in general be symptomatic and directed to relieving any effects. In case of inhalation of decomposition products in a fire, symptoms may be delayed. The exposed person may need to be kept under medical surveillance for 48 hours.

Scanned with CamScanner

Section 5. Firefighting measures

Extinguishing media

Suitable extinguishing media

If gas has ignited, do not attempt to extinguish but stop gas flow and allow to burn out. Use water spray to cool heat-exposed containers, and to protect surrounding areas and personnel effecting shut-off. In case of fire, use water fog, foam, dry chemical or carbon dioxide extinguisher or spray.

Unsuitable extinguishing media

Do not use water jet.

Specific hazards arising from the chemical

Contains gas under pressure. Extremely flammable gas. Fire water contaminated with this material must be contained and prevented from being discharged to any waterway, sewer or drain. In a fire or if heated, a pressure increase will occur and the container may burst, with the risk of a subsequent explosion. This material is harmful to aquatic life with long lasting effects.

Hazardous thermal decomposition products

Combustion products may include the following:
carbon oxides (CO, CO_2) (carbon monoxide, carbon dioxide)
nitrogen oxides (NO, NO_2 etc.)

Special protective actions for fire-fighters

No action shall be taken involving any personal risk or without suitable training. Promptly isolate the scene by removing all persons from the vicinity of the incident if there is a fire. Move containers from fire area if this can be done without risk. Use water spray to keep fire-exposed containers cool. If involved in fire, shut off flow immediately if it can be done without risk. If this is impossible, withdraw from area and allow fire to burn. Fight fire from protected location or maximum possible distance. Eliminate all ignition sources if safe to do so. In case of fire, allow gas to burn if flow cannot be shut off immediately. Apply water from a safe distance to cool container and protect surrounding areas. Every precaution must be taken to keep containers cool to avoid the possibility of a boiling liquid expanding vapour explosion (BLEVE). Pressurised containers are liable to explode violently when subjected to high temperatures.

Special protective equipment for fire-fighters

Fire-fighters should wear positive pressure self-contained breathing apparatus (SCBA) and full turnout gear. For incidents involving large quantities, thermally insulated undergarments and thick textile or leather gloves should be worn.

Section 6. Accidental release measures

Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

For non-emergency personnel

Immediately contact emergency personnel. Accidental releases pose a serious fire or explosion hazard. No action shall be taken involving any personal risk or without suitable training. Evacuate surrounding areas. Keep unnecessary and unprotected personnel from entering. Do not touch or walk through spilt material. No flares, smoking or flames in hazard area. Avoid breathing gas. Provide adequate ventilation. Put on appropriate personal protective equipment. Floors may be slippery; use care to avoid falling. Eliminate all ignition sources.

For emergency responders

Do not enter a vapour cloud except for rescue; self-contained breathing apparatus must be worn. A gas detector or instrument to detect explosive atmospheres (explosimeter) can be used to check for combustible gas or vapour in an atmosphere, but it needs care and training to be used safely. Use suitable protective equipment. Liquid leaks generate large volumes of extremely flammable gas. See also the information in "For non-emergency personnel".

Environmental precautions

Ensure emergency procedures to deal with accidental gas releases are in place to avoid contamination of the environment. Avoid dispersal of spilt material and runoff and contact with soil, waterways, drains and sewers. Inform the relevant authorities if the product has caused environmental pollution (sewers, waterways, soil or air). Water polluting material. May be harmful to the environment if released in large quantities.

Methods and material for containment and cleaning up

Small spill

Eliminate all ignition sources. Immediately contact emergency personnel. Stop leak if without risk. Use spark-proof tools and explosion-proof equipment.

Scanned with CamScanner

Section 6. Accidental release measures

Large spill

Eliminate all ignition sources. Immediately contact emergency personnel. Stop leak if without risk. Dike spill area and do not allow product to reach sewage system and surface or ground water. Use spark-proof tools and explosion-proof equipment. The method and equipment used must be in conformance with appropriate regulations and industry practice on explosive atmospheres.

Section 7. Handling and storage

Precautions for safe handling

Protective measures

Put on appropriate personal protective equipment (see Section 8). Contains gas under pressure. Do not get in eyes or on skin or clothing. Avoid breathing gas. Use only with adequate ventilation. Wear appropriate respirator when ventilation is inadequate. Do not enter storage areas and confined spaces unless adequately ventilated. Store and use away from heat, sparks, open flame or any other ignition source. Use explosion-proof electrical (ventilating, lighting and material handling) equipment. Use only non-sparking tools. Empty containers retain product residue and can be hazardous. Do not puncture or incinerate container. Avoid contact of spilt material and runoff with soil and surface waterways.

Advice on general occupational hygiene

Eating, drinking and smoking should be prohibited in areas where this material is handled, stored and processed. Wash thoroughly after handling. Remove contaminated clothing and protective equipment before entering eating areas. See also Section 8 for additional information on hygiene measures.

Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Store in accordance with local regulations. Store in a segregated and approved area. Store away from direct sunlight in a dry, cool and well-ventilated area, away from incompatible materials (see Section 10). Eliminate all ignition sources. Keep away from heat and direct sunlight. Keep container tightly closed and sealed until ready for use.

Section 8. Exposure controls/personal protection

Control parameters

Occupational exposure limits

Ingredient name	Exposure limits
Methane	**Minister of Labor and Transmigration (Indonesia). Oxygen Depletion [Asphyxiant].**
Ethane	**Minister of Labor and Transmigration (Indonesia). Skin sensitiser.** TWA: 1000 BDS 8 hours. Issued/Revised: 10/2011
Propane	**Minister of Labor and Transmigration (Indonesia).** TWA: 1000 BDS 8 hours. Issued/Revised: 10/2011 Form: gas
Butane	**Minister of Labor and Transmigration (Indonesia).** TWA: 800 BDS 8 hours. Issued/Revised: 2/2005 TWA: 1900 mg/m³ 8 hours. Issued/Revised: 2/2005
pentane	**Minister of Labor and Transmigration (Indonesia).** TWA: 600 BDS 8 hours. Issued/Revised: 2/2005
Nitrogen	**Minister of Labor and Transmigration (Indonesia). Oxygen Depletion [Asphyxiant].**
Carbon dioxide	**Minister of Labor and Transmigration (Indonesia).** TWA: 9000 mg/m³ 8 hours. Issued/Revised: 2/2005 TWA: 5000 BDS 8 hours. Issued/Revised: 2/2005

Scanned with CamScanner

Section 8. Exposure controls/personal protection

	STEL: 54000 mg/m³ 15 minutes. Issued/ Revised: 10/2011 STEL: 30000 BDS 15 minutes. Issued/ Revised: 10/2011

Recommended monitoring procedures

If this product contains ingredients with exposure limits, personal, workplace atmosphere or biological monitoring may be required to determine the effectiveness of the ventilation or other control measures and/or the necessity to use respiratory protective equipment. Reference should be made to appropriate monitoring standards. Reference to national guidance documents for methods for the determination of hazardous substances will also be required.

Appropriate engineering controls

All activities involving chemicals should be assessed for their risks to health, to ensure exposures are adequately controlled. Personal protective equipment should only be considered after other forms of control measures (e.g. engineering controls) have been suitably evaluated. Personal protective equipment should conform to appropriate standards, be suitable for use, be kept in good condition and properly maintained.
Your supplier of personal protective equipment should be consulted for advice on selection and appropriate standards. For further information contact your national organisation for standards.
Provide exhaust ventilation or other engineering controls to keep the relevant airborne concentrations below their respective occupational exposure limits.
The final choice of protective equipment will depend upon a risk assessment. It is important to ensure that all items of personal protective equipment are compatible.

Environmental exposure controls

Emissions from ventilation or work process equipment should be checked to ensure they comply with the requirements of environmental protection legislation. In some cases, fume scrubbers, filters or engineering modifications to the process equipment will be necessary to reduce emissions to acceptable levels.

Individual protection measures

Hygiene measures

Wash hands, forearms and face thoroughly after handling chemical products, before eating, smoking and using the lavatory and at the end of the working period. Appropriate techniques should be used to remove potentially contaminated clothing. Wash contaminated clothing before reusing. Ensure that eyewash stations and safety showers are close to the workstation location.

Eye/face protection

Chemical splash goggles. If there is a risk of liquid release or vapour pressure jets (e.g. during filling operations) wear a full face visor, chemical goggles and helmet to prevent cold burns / frostbite.

Skin protection

Hand protection

To prevent cold burns and frostbite wear cold resistant and impervious gauntlets/ gloves. Wear chemical resistant gloves.

Do not re-use gloves. Protective gloves must give suitable protection against mechanical risks (i.e. abrasion, blade cut and puncture). Protective gloves will deteriorate over time due to physical and chemical damage. Inspect and replace gloves on a regular basis. The frequency of replacement will depend upon the circumstances of use.

Skin protection

Use of protective clothing is good industrial practice.
Personal protective equipment for the body should be selected based on the task being performed and the risks involved and should be approved by a specialist before handling this product.
When handling cylinders wear protective footwear and suitable gloves.
Cotton or polyester/cotton overalls will only provide protection against light superficial contamination that will not soak through to the skin. Overalls should be laundered on a regular basis. When the risk of skin exposure is high (e.g. when cleaning up spillages or if there is a risk of splashing) then chemical resistant aprons and/or impervious chemical suits and boots will be required.
Wear suitable protective clothing.
Footwear highly resistant to chemicals.
When there is a risk of ignition wear inherently fire resistant protective clothes and gloves.
When there is a risk of ignition from static electricity, wear anti-static protective clothing. For greatest effectiveness against static electricity, overalls, boots and gloves should all be anti-static.
When the risk of skin exposure is high (from experience this could apply to the

Scanned with CamScanner

Section 8. Exposure controls/personal protection

following tasks: cleaning work, maintenance and service, filling and transfer, taking samples and cleaning up spillages) then a chemical protective suit and boots will be required.
Work clothing / overalls should be laundered on a regular basis. Laundering of contaminated work clothing should only be done by professional cleaners who have been told about the hazards of the contamination. Always keep contaminated work clothing away from uncontaminated work clothing and uncontaminated personal clothes.

Respiratory protection

Ensure good ventilation.
Provided an air-filtering/air-purifying respirator is suitable, a filter for organic gases and vapours (boiling point <65°C) can be used. Use filter type AX or comparable standard.
If there is a requirement for the use of a respiratory protective device, but the use of breathing apparatus (independent of ambient atmosphere) is not required, then a suitable filtering device must be worn.
The filter class must be suitable for the maximum contaminant concentration (gas/ vapour/aerosol/particulates) that may arise when handling the product.
Approved air-supplied breathing apparatus must be worn where there is a risk of oxygen deficiency (i.e. low oxygen concentration).

Thermal hazards

If there is a risk of contact with the liquid, all protective equipment worn should be suitable for use with extremely low temperature materials.

Section 9. Physical and chemical properties

Appearance

Liquefied gas.

Colour	Colourless.
Odour	Odorless, unless odorized with ethyl mercaptan (skunky odor).
Odour threshold	Not available.
pH	Not available.
Melting point	-182°C (-295.6°F)
Boiling point	-160°C (-256°F)
Flash point	Open cup: -188°C (-306.4°F)
Evaporation rate	Not available.
Flammability/Combustible properties (solid, gas)	Extremely flammable
Lower and upper explosive (flammable) limits	Lower: 5% Upper: 15%
Vapour pressure	2066.5 to 4133 kPa (15500 to 31000 mm Hg) (300 - 600 psig)
Vapour density	0.55 to 0.6 [Air = 1]
Relative density	Not available.
Solubility	insoluble in water.
Partition coefficient: n-octanol/water	Not available.
Auto-ignition temperature	540°C (1004°F)
Decomposition temperature	Not available.
Viscosity	Not available.

Section 10. Stability and reactivity

Reactivity	No specific test data available for this product. Refer to Conditions to avoid and Incompatible materials for additional information.
Chemical stability	The product is stable.
Possibility of hazardous reactions	Under normal conditions of storage and use, hazardous reactions will not occur. Under normal conditions of storage and use, hazardous polymerisation will not occur.
Conditions to avoid	Avoid all possible sources of ignition (spark or flame). Do not pressurise, cut, weld, braze, solder, drill, grind or expose containers to heat or sources of ignition. Do not allow gas to accumulate in low or confined areas.
Incompatible materials	Highly reactive or incompatible with the following materials: oxidising materials.
Hazardous decomposition products	Under normal conditions of storage and use, hazardous decomposition products should not be produced.

Scanned with CamScanner

Section 11. Toxicological information

Information on toxicological effects

Aspiration hazard

Name	Result
pentane	ASPIRATION HAZARD - Category 1

Information on likely routes of exposure Routes of entry anticipated: Dermal, Inhalation.
Routes of entry not anticipated: Oral.

Potential acute health effects

Eye contact Liquid can cause burns similar to frostbite.

Inhalation At very high concentrations, can displace the normal air and cause suffocation from lack of oxygen. Exposure to decomposition products may cause a health hazard. Serious effects may be delayed following exposure.

Skin contact Dermal contact with rapidly evaporating liquid could result in freezing of the tissues or frostbite.

Ingestion Ingestion of liquid can cause burns similar to frostbite.

Symptoms related to the physical, chemical and toxicological characteristics

Eye contact Adverse symptoms may include the following:
frostbite

Inhalation Adverse symptoms may include the following:
nausea or vomiting
headache
drowsiness/fatigue
dizziness/vertigo
unconsciousness

Skin contact Adverse symptoms may include the following:
frostbite

Ingestion Adverse symptoms may include the following:
frostbite

Delayed and immediate effects as well as chronic effects from short and long-term exposure

Inhalation Vapour, mist or fume may irritate the nose, mouth and respiratory tract.

Ingestion If swallowed, may irritate the mouth, throat and digestive system. If swallowed, may cause abdominal pain, stomach cramps, nausea, vomiting, diarrhoea, dizziness and drowsiness.

Short term exposure

Potential immediate effects Not available.

Potential delayed effects Not available.

Long term exposure

Potential immediate effects Not available.

Potential delayed effects Not available.

General No known significant effects or critical hazards.

Carcinogenicity No known significant effects or critical hazards.

Mutagenicity No known significant effects or critical hazards.

Teratogenicity No known significant effects or critical hazards.

Developmental effects No known significant effects or critical hazards.

Fertility effects No known significant effects or critical hazards.

Numerical measures of toxicity

Acute toxicity estimates

Not available.

Scanned with CamScanner

Section 12. Ecological information

Environmental effects This material is harmful to aquatic life with long lasting effects.

Persistence/degradability

Expected to be biodegradable.

Bioaccumulative potential

The product is not expected to bioaccumulate.

Mobility in soil

Soil/water partition coefficient (K_{OC}) Not available.

Other adverse effects No known significant effects or critical hazards.

Other ecological information If released to soil the product will rapidly evaporate into the atmosphere.

Section 13. Disposal considerations

Disposal methods The generation of waste should be avoided or minimised wherever possible. Significant quantities of waste product residues should not be disposed of via the foul sewer but processed in a suitable effluent treatment plant. Dispose of surplus and non-recyclable products via a licensed waste disposal contractor. Disposal of this product, solutions and any by-products should at all times comply with the requirements of environmental protection and waste disposal legislation and any regional local authority requirements. Empty pressure vessels should be returned to the supplier. Waste packaging should be recycled. Incineration or landfill should only be considered when recycling is not feasible. This material and its container must be disposed of in a safe way. Empty containers or liners may retain some product residues. Do not puncture or incinerate container.

Section 14. Transport information

	IMDG	IATA
UN number	UN1972	UN1972
UN proper shipping name	Methane, refrigerated liquid or Natural gas, refrigerated liquid (with high methane content)	Methane, refrigerated liquid or Natural gas, refrigerated liquid (with high methane content)
Transport hazard class(es)	2.1 	2.1 
Packing group	-	-
Environmental hazards	No.	No.
Additional information	**Emergency schedules** F-D, S-U	**Quantity limitation** Passenger and Cargo Aircraft: Forbidden. Cargo Aircraft Only: Forbidden. Limited Quantities - Passenger Aircraft: Forbidden.

Special precautions for user Not available.

Scanned with CamScanner

Section 15. Regulatory information

Law No. 74/2001 - Banned

None of the components are listed.

Law No. 74/2001 - Restricted

None of the components are listed.

Ministry of Health - Law No. 472/Menkes/Per/V/1996

Carcinogen

None of the components are listed.

Corrosive

None of the components are listed.

Irritation

None of the components are listed.

Mutagen

None of the components are listed.

Oxidiser

None of the components are listed.

Poison

None of the components are listed.

Teratogen

None of the components are listed.

International lists

National inventory

Australia inventory (AICS)	All components are listed or exempted.
Canada inventory status	All components are listed or exempted.
China inventory (IECSC)	All components are listed or exempted.
REACH Status	For the REACH status of this product please consult your company contact, as identified in Section 1.
Japan inventory (ENCS)	Not determined.
Philippines inventory (PICCS)	Not determined.
Korea inventory (KECI)	All components are listed or exempted.
Taiwan Chemical Substances Inventory (TCSI)	All components are listed or exempted.
United States inventory (TSCA 8b)	All components are listed or exempted.

Section 16. Other information

History

Date of issue/Date of revision	26 April 2019
Date of previous issue	2 October 2014
Prepared by	Product Stewardship
Key to abbreviations	ATE = Acute Toxicity Estimate BCF = Bioconcentration Factor GHS = Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals IATA = International Air Transport Association IBC = Intermediate Bulk Container IMDG = International Maritime Dangerous Goods LogPow = logarithm of the octanol/water partition coefficient MARPOL = International Convention for the Prevention of Pollution From Ships, 1973 as modified by the Protocol of 1978. ("Marpol" = marine pollution) REACH = Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals Regulation [Regulation (EC) No. 1907/2006] UN = United Nations

Scanned with CamScanner

Section 16. Other information

Varies = may contain one or more of the following 64741-88-4, 64741-89-5, 64741-95-3, 64741-96-4, 64742-01-4, 64742-44-5, 64742-45-6, 64742-52-5, 64742-53-6, 64742-54-7, 64742-55-8, 64742-56-9, 64742-57-0, 64742-58-1, 64742-62-7, 64742-63-8, 64742-65-0, 64742-70-7, 72623-85-9, 72623-86-0, 72623-87-1

Indicates information that has changed from previously issued version.

Notice to reader

All reasonably practicable steps have been taken to ensure this data sheet and the health, safety and environmental information contained in it is accurate as of the date specified below. No warranty or representation, express or implied is made as to the accuracy or completeness of the data and information in this data sheet.

The data and advice given apply when the product is sold for the stated application or applications. You should not use the product other than for the stated application or applications without seeking advice from BP Group.

It is the user's obligation to evaluate and use this product safely and to comply with all applicable laws and regulations. The BP Group shall not be responsible for any damage or injury resulting from use, other than the stated product use of the material, from any failure to adhere to recommendations, or from any hazards inherent in the nature of the material. Purchasers of the product for supply to a third party for use at work, have a duty to take all necessary steps to ensure that any person handling or using the product is provided with the information in this sheet. Employers have a duty to tell employees and others who may be affected of any hazards described in this sheet and of any precautions that should be taken. You can contact the BP Group to ensure that this document is the most current available. Alteration of this document is strictly prohibited.

Scanned with CamScanner

Lampiran 6 *Ship's Particular* of Golden Isaia

GOLDEN ISAIA

Ship's Particulars

Flag	:	INDONESIA	Hull No.	:	1586
Port of Registry	:	JAKARTA	Year Built	:	2007
Call Sign	:	YDVA2	Place Built	:	Samsung Heavy Industry
Official No.	:	9321756	Keel laid	:	24 APRIL 2006
IMO No.	:	9321756	Vessel Type	:	LNG CARRIER MK III
Launched	:	23-Jun-2006	Last Dry Dock	:	23-Mar-2020
Delivered	:	20-Mar-2007	Previous Name	:	METHANE SHIRLEY ELISABETH
Class	:	A.B.S. ✠A1, Liquified Gas Carrier Ⓔ Ship Type 2G, +ACCU, NIBS,TCM, FL40, SH-DLA, SCHM. Ship Type 2G (Membrane Tank, Max. Vapor pressure 250 mbar, minimum temperature -163°C Specific Gravity 500 Kg/m³), SFA (40), UWILD & PMS includinf SMS.			

Owners	PT GOLDEN PRIMA MARITIM GHJ SUITE, 7TH FLOOR, JL. TANAH ABANG III NO. 18 GAMBIR JAKARTA PUSAT 10160, INDONESIA
Managers	WILHELMSEN SHIP MANAGEMENT SDN BHD 18TH FLOOR, 1 SENTRAL, JALAN TRAVERS, KUALA LUMPUR SENTRAL, 50470 KUALA LUMPUR, MALAYSIA

	Gross Tonnage	Net Tonnage	Issue Date
International	95,753.00	28,726.00	23-October-2006
Suez Canal	99,138.45	86,082.93	13-March-2007

	DRAFT (Extreme) Metres	FREEBOARD Metres	DISPLACEMENT Metric Tons	DEADWEIGHT Metric Tons	TONS PER cm
SUMMER	12.025	8.751	108,586.3	78,996.8	101.5
TROPICAL	12.275	8.501	111,087.9	81,498.4	101.9
WINTER	11.775	9.001	106,056.6	76,467.1	100.9
LIGHT SHIP	3.691	17.086	29,589.5		87.8
BALLAST CONDITION	9.736	11.036	85,916.1	56,376.0	97.1
FRESH WATER ALLOWANCE	268mm				

			R.P.M.	BALLAST	LOADED
L.O.A.	:	283.062 mtrs	25	5.9	5.8
L.B.P.	:	270.000 mtrs	35	8.3	8.1
Breadth Moulded	:	43.400 mtrs	45	10.6	10.5
Depth (Moulded)	:	26.000 mtrs	53	12.5	12.3
Distance K.T.M.	:	55.400 mtrs	87	20.5	20.2
Freeboard Deck	:	20.740 mtrs	90	21.3	20.9
Upper Edge of Deck Line	:	5.262* mtrs			

** Below the top of upper deck steel*

Max. Astern : 53 - 63 R.P.M.

Bow Thruster	:	1 x 2500KW	Rudder Angle	: Max. Normal 35°
Bow Thruster Type	:	Variable Pitch Proppeller		Max. Manouvering 45°

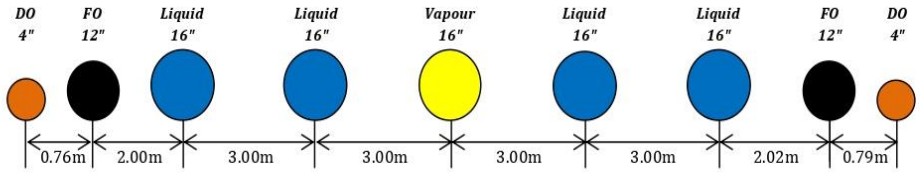
Propulsion Engine	:	KAWASAKI H.I. STEAM TURBINE UA							
Engine Power Normal	:	33,550	SHP	@	86.9	RPM	Max. Trial Speed	:	21.3 Knots
Engine Power Max.	:	39,500	SHP	@	90.0	RPM	Service Speed	:	20.4 Knots
Engine Power Astern Max.	:	27,650	SHP	@	63.0	RPM			
Consumption	:	182 Tons H.F.O.							
Cruising Range @ NCR	:	13,000 N. Miles							
Propeller	:	Fixed R.H. 5 Blades	Diam. = 8.60 mtrs		M/Pitch = 7.056 mtrs				

Inmarsat F	Voice	:	**Inmarsat C**	ID	: 452505177
	Voice	:		ID	: 452505178
	Fax	:	**SEVSAT**	Voice	: +1 786 220 4593
	Data	:			+1 786 224 0744
M.M.S.I.	:	525401626			
E - Mail	:	master.goldenisaia@ship.wilhelmsen.com			

Bridge Front to Bow			=	222.11	Meters				
Bridge Front to Stern			=	60.95	Meters				
Keel Height to Mast			=	55.835	Meters				
Keel Height with Collapsed Mast Top			=	49.92	Meters				
Keel Height to Fore Mast			=	46.50	Meters				
Keel Height to Manifold			=	31.50	Meters				
Center of Cargo Manifolds to Bow			=	142.814	Meters				
Center of Cargo Manifolds to Base Line			=	30.80	Meters				
Center of Cargo Manifolds to Stern			=	140.25	Meters				
Between Manifold Centers			=	3.00	Meters				
Manifold Center to Deck			=	4.80	Meters				
Manifold Flange to Ship's Side			=	3.15	Meters				
Height of Center of Manifolds Above W.L. @ M Draft			=	21.20	Meters				
Lateral Windage area	=	6,386.5	m^2	Vertical Windage area		=	1,283	m^2	
Parallel Mid Body Forward and Aft of Vapour Manifold Centre									
Ballast Condition	:	Aft	= 85.01	Mtrs	Fwd	=	57.92	Mtrs	
Loaded Condition	:	Aft	= 91.07	Mtrs	Fwd	=	61.34	Mtrs	

PORT SIDE MANIFOLD (Arrangement looking from seaward)

STBD SIDE MANIFOLD (Arrangement looking from seaward)



Liquid Manifolds	=	4 x 16" Each Side, ND 400 ASA 150, Raised Face, Serrated
Vapour Manifolds	=	1 x 16" Each Side, ND 400 ASA 150, Raised Face, Serrated

Anchors - Mooring Winches and No of Drums with Ropes and Tails - Bollards - Em. Towing Equipment		
Anchors	:	2 Bow "Hall" Anchors (Port & Stbd) 12,675 Kg each
Chain	:	14 Shackles x 27.5 mtrs (385 mtrs) Cable Diam. 100mm
Windlasses Heaving Speed	:	9 mtrs/min ≈ 3.0 min/shackle
Mooring Winches Fore Deck	:	3 double & 1 3ple winch with 9 ropes/drums - BHC 76.2 T - 30 MT x 15m/min
Mooring Winches Aft Decks	:	4 double & 1 3ple winch with 11 ropes/drums - BHC 76.2 T - 30 MT x 15m/min
Ropes	:	20 Pcs L= 200m, D= 44mm, Breaking Strength= 128 Tons (Plus 2 spares)
Tails	:	20 Pcs L= 11m, D= 100mm, Breaking Strength= 168 Tons (Plus 2 spares)
Bollards	:	Main: SWL 101 Tons Towing: SWL 200 Tons
Sunken Tug Bitts	:	4 Pairs Each Side, 1 Pair at Transom with SWL 75 Tons, 4.5 m above Water Line
FWD Emergecy Towing Eq.	:	SWL 200 Tons, Chafing Chain 76mm, Length 8.1 m, on Smit Bracket
AFT Emergecy Towing Eq.	:	SWL 200 Tons, Towing Pennant & Pick up Gear Using 80mm x 100 m Wire Rope

Inert Gas System	:	Smit Gas Generator - 2 Fans - Capacity 14000 m^3/h @250mb - DP -45°
N_2 Generator	:	Air Products - 2 Set - 97% Purity - Capacity 100m^3/h

Height of centre manifold above water line on Arrival / Departure Loading ports :						
On Arrival :	=	21.20	Mtrs	On Departure :	=	19.50	Mtrs

Cargo Tanks Capacity (100%)	=	145,487.917	m^3	Max. Loading Rate	=	12000	m^3
Cargo Tanks Capacity (98.9%)	=	143,887.550	m^3	Max. Discharging Rate	=	12000	m^3
Maximum Design Pressure	=	250	mb	Max. Manifold Pressure	=	7	Bar
Minimum Working Tank Pressure	=	60	mb				
Minimum Design Pressure	=	-10	mb				
Maximum Specific Weight LNG	=	500	kg/m^3				
Cargo Tanks Type	=	GTT MARK III, SUS 304L MEMBRANE					

Type of Custody Transfer Measurements System	:	SAAB

Total Water ballast tanks Capacity	=	55709.60 m^3
Total Fresh Water Capacity	=	936.4 m^3
Total Fuel Oil Tanks capacity @ 95%	=	6912.8 m^3 + LSFO 474.8 m^3
Total Diesel Oil tanks Capacity @ 95%	=	328.6 m^3
Gas Oil Tank Capacity @ 95%	=	140.5 m^3
Bunkering Rate for Fuel Oil	=	725 m^3/hr
Bunkering Rate for Diesel Oil	=	100 m^3/hr

Cargo Pumps	:	8	x	1700	m^3 / hour	@	1780	rpm	total head :	155	MWG
Stripping / Spray Pumps	:	4	x	50	m^3 / hour	@	3560	rpm	total head :	145	MWG
Emergency Pumps	:	1	x	550	m^3 / hour	@	3560	rpm	total head :	155	MWG
Ballast Pumps	:	3	x	3000	m^3 / hour				total head :	30	MWG
Eductors	:	1	x	300	m^3 / hour						

Type of E.S.D. system and type of Connectors		
Fibre Optic	:	NFI 6-way Furukawa compatible FO connector
Electrical (Pyle National Connector)	:	Compatible 37-way receptacle & compatible 4-way receptacle
Electrical (Miyaki Denki Connector)	:	21 CE-P-T Miyaki 6-way receptacles
Pneumatic	:	1. NITTA MUA 1/2" Male. 2. QDC H-(NITTA) 1" Female

Hose Handling Cranes	:	2 (TWO), SWL: 5 Tons, Radius 25m
Provision Handling Cranes	:	2 (TWO), STBD SWL: 10 Tons, PORT SWL: 5 Tons, Radius 18m
Machinery Room Crane	:	1 (ONE), SWL: 6 Tons, Radius 2 - 10 m

Lampiran 7 Dokumentasi Penulis melaksanakan Praktek laut diatas kapal



Lampiran 8 Dokumentasi Penulis Mengamati proses *cooldown* di CCR



Lampiran 9 Dokumentasi *Pre–arrival meeting* dan *breefing cooldown cargo tank*



Lampiran 10 Hasil wawancara dengan Chief Officer

No	Pertanyaan	Jawaban (Chief Officer)
1	Bagaimana Chief melihat pentingnya proses *cooldown* sebelum loading LNG di kapal ini?	Kalau di LNG carrier, *cooldown* itu memang tidak bisa dianggap biasa saja. Itu sudah jadi tahap wajib sebelum loading. Di kapal ini sendiri, kita tidak bisa langsung terima muatan kalau tangki masih hangat. Jadi *cooldown* itu untuk memastikan kondisi tangki sudah mendekati suhu LNG, supaya aman dan tidak terjadi masalah saat loading nanti.
2	Apakah proses *cooldown* selalu berjalan sesuai rencana?	Tidak selalu. Di atas kertas memang ada rencana, tapi di lapangan sering berubah. Yang paling sering itu karena jadwal kapal berubah dari terminal. Jadi kita harus menyesuaikan lagi waktu *cooldown* yang sudah direncanakan sebelumnya.
3	Bagaimana perubahan jadwal mempengaruhi *cooldown*?	Kalau jadwal dimajukan, kita harus mempercepat pendinginan. Tapi kalau jadwal mundur, kita harus menjaga supaya suhu tangki tidak naik lagi. Jadi dua kondisi itu sama-sama butuh penyesuaian.
4	Apa yang terjadi jika *cooldown* dipercepat?	Biasanya pendinginan jadi kurang stabil. Penurunan suhu tidak merata dan BOG meningkat karena LNG langsung kontak dengan permukaan yang masih panas.
5	Apakah tekanan tangki ikut terpengaruh?	Iya, kalau BOG naik maka tekanan juga ikut naik. Jadi harus dijaga keseimbangan antara *spray* dan konsumsi gas.
6	Bagaimana jika *cooldown* terlalu lama?	*Heel* jadi banyak terpakai dan kurang efisien. Selain itu waktu operasi juga jadi lebih lama.
7	Bagaimana penggunaan *heel* selama *cooldown*?	*Heel* diambil dari tangki yang masih ada LNG lalu digunakan untuk *spray* ke tangki lain. Tapi penggunaannya harus diatur supaya tidak boros.
8	Apakah pernah terjadi *heel* tidak cukup?	Tidak pernah, Tetapi untuk potensi tidak cukup ada, Jadi harus lebih hati-hati dalam pengaturan *spray*.
9	Bagaimana pengaruh gelombang laut?	Gerakan kapal membuat LNG di dalam tangki ikut bergerak dan meningkatkan penguapan, sehingga BOG bertambah.
10	Apakah suhu lingkungan berpengaruh?	Iya, kalau cuaca panas, pendinginan jadi lebih lama karena panas dari luar masuk ke tangki.
11	Apa indikator utama saat *cooldown*?	Temperatur dan tekanan tangki, serta kondisi BOG dan aliran LNG.

12	Bagaimana menjaga proses tetap aman?	Dilakukan bertahap, tidak langsung besar. *Spray* dibuka perlahan sambil melihat respon tangki.
13	Apa peran *Crew*?	*Crew* harus monitor dari CCR dan juga cek langsung di deck. Jadi tidak hanya mengandalkan sistem.
14	Apa penyebab utama *cooldown* tidak optimal?	Perubahan jadwal dan BOG yang tidak stabil. Itu yang paling sering terjadi.
15	Apa saran untuk optimalisasi?	Perencanaan harus fleksibel, *spray* diatur bertahap, dan BOG harus dijaga supaya tekanan stabil.

Lampiran 11 Hasil Wawancara dengan *Chief engineer*

No	Pertanyaan	Jawaban (Gas Engineer)
1	Bagaimana Chief melihat pentingnya proses cooldown sebelum loading LNG di kapal ini?	Cooldown itu sangat penting, terutama dari sisi sistem mesin. Karena saat cooldown berlangsung, BOG yang terbentuk langsung masuk ke boiler sebagai bahan bakar. Jadi kalau tangki belum didinginkan dengan baik sebelum loading, beban ke sistem gas handling bisa terlalu besar dan tidak terkontrol.
2	Apakah proses *cooldown* selalu berjalan sesuai rencana?	Tidak selalu. Dari sisi engine, kita sering harus menyesuaikan operasi secara mendadak, terutama kalau jadwal dari terminal berubah. Kita harus siap kapan saja untuk menyesuaikan konsumsi BOG sesuai kondisi tangki.
3	Bagaimana perubahan jadwal mempengaruhi *cooldown*?	Kalau jadwal dimajukan, BOG bisa naik tiba-tiba dan boiler harus bekerja lebih keras. Kalau jadwal mundur, kita harus tetap jaga konsumsi gas agar tekanan tidak terus naik selama kapal menunggu. Dua kondisi itu sama-sama menuntut penyesuaian dari sisi engine.
4	Apa yang terjadi jika *cooldown* dipercepat?	BOG naik cepat karena LNG langsung kena permukaan tangki yang masih panas. Boiler harus merespons cepat untuk mengkonsumsi gas itu. Kalau tidak seimbang, tekanan tangki bisa melampaui batas dan kita harus naikkan RPM atau aktifkan LD Compressor.

No	Pertanyaan	Jawaban (Gas Engineer)
5	Apakah tekanan tangki ikut terpengaruh?	Iya, langsung terpengaruh. Tekanan naik kalau BOG yang terbentuk melebihi kemampuan konsumsi sistem. Makanya keseimbangan antara laju pembentukan BOG dan kapasitas engine itu harus selalu dijaga.
6	Bagaimana jika *cooldown* terlalu lama?	Dari sisi engine, boiler harus terus bekerja dalam waktu yang lebih panjang. Konsumsi energi meningkat dan kalau BOG berlebih terus diproduksi sementara konsumsi sudah maksimal, LD Compressor juga harus ikut dioperasikan lebih lama.
7	Bagaimana penggunaan *heel* selama *cooldown*?	*Heel* itu sumber BOG utama selama proses pendinginan. Makin besar laju spray, makin banyak BOG yang harus ditangani oleh sistem engine. Jadi kita perlu tahu rencana spray dari Chief Officer supaya bisa menyiapkan kapasitas konsumsi yang sesuai dari sisi engine.
8	Apakah pernah terjadi *heel* tidak cukup?	Dari sisi engine, kondisi itu biasanya terjadi setelah stripping. Efeknya ke kita adalah BOG yang masuk ke boiler juga berkurang, jadi kita harus sesuaikan operasi boiler dan kalau perlu pertimbangkan bahan bakar alternatif.
9	Bagaimana pengaruh gelombang laut?	Kapal yang goyang menyebabkan heel di dalam tangki ikut bergerak dan penguapan meningkat. Dari sisi engine, ini berarti BOG bisa naik tiba-tiba diluar perkiraan. Kita harus siap menyesuaikan RPM agar tekanan tetap terkendali.
10	Apakah suhu lingkungan berpengaruh?	Berpengaruh. Kalau suhu udara panas, heat ingress ke tangki lebih besar dan BOG terbentuk lebih cepat meski tidak ada aktivitas spray. Di kapal steam turbine seperti ini kita bisa merespons dengan naikkan RPM, tapi ada batasnya. Kalau tidak cukup, LD Compressor harus diaktifkan.

No	Pertanyaan	Jawaban (Gas Engineer)
11	Apa indikator utama saat *cooldown*?	Dari sisi engine, yang paling kami pantau adalah laju aliran BOG ke boiler, tekanan uap, RPM, dan status LD Compressor. Selain itu kami koordinasi terus dengan CCR untuk memantau tank pressure agar respons dari engine bisa dilakukan tepat waktu.
12	Bagaimana menjaga proses tetap aman?	Kuncinya keseimbangan antara produksi dan konsumsi BOG. Kalau tekanan mulai naik, kita segera naikkan RPM atau aktifkan Compressor. Yang penting jangan tunggu sampai mendekati batas kritis baru bertindak.
13	Apa peran *Crew*?	*Crew* di engine harus monitor kondisi boiler, Compressor, dan sistem gas secara terus-menerus. Tidak cukup hanya dari panel di CCR, pengecekan langsung di kamar mesin juga perlu dilakukan untuk memastikan semua sistem berjalan normal.
14	Apa penyebab utama *cooldown* tidak optimal?	Penyebab utamanya adalah ketidakseimbangan antara laju pembentukan BOG dan kapasitas sistem penanganannya. Ini sering diperparah oleh perubahan jadwal mendadak dan kurangnya koordinasi antara deck dan engine dalam merespons perubahan kondisi tangki secara real-time.
15	Apa saran untuk optimalisasi?	Koordinasi antara Chief Officer dan engine harus dijalin sejak awal pelayaran ballast, bukan baru saat cooldown mau dimulai. RPM harus dikelola secara proaktif untuk menjaga tekanan tangki stabil sepanjang pelayaran. Dan LD Compressor sebaiknya disiapkan lebih awal sebagai cadangan agar tidak ada keterlambatan respons ketika dibutuhkan.

Lampiran 12 Hasil Wawancara dengan *Gas engineer*

No	Pertanyaan	Jawaban (Gas Engineer)
1	Bagaimana Gas Engineer melihat pentingnya proses *cooldown* sebelum loading LNG di kapal ini?	Dari sisi gas system, *cooldown* itu penting sekali. Kalau tangki masih hangat terus langsung loading, BOG bisa naik drastis dan *Compressor* bisa kewalahan. Jadi harus dipastikan tangki sudah cukup dingin dulu.

No	Pertanyaan	Jawaban (Gas Engineer)
2	Apakah proses *cooldown* selalu berjalan sesuai rencana?	Tidak selalu. Di lapangan sering berubah, apalagi kalau jadwal dari terminal berubah. Kita di engine harus siap menyesuaikan kondisi.
3	Bagaimana perubahan jadwal mempengaruhi *cooldown*?	Sangat berpengaruh. Kalau waktunya berubah, kita harus atur ulang handling BOG. Kadang *Compressor* jadi kerja lebih berat dari rencana.
4	Apa yang terjadi jika *cooldown* dipercepat?	Biasanya BOG langsung naik cepat, karena LNG kena permukaan yang masih panas. Akibatnya tekanan tank ikut naik dan kita harus cepat respon di sistem gas.
5	Apakah tekanan tangki ikut terpengaruh?	Iya jelas. Begitu BOG naik, tekanan langsung ikut naik. Makanya harus dijaga supaya tidak lewat batas.
6	Bagaimana jika *cooldown* terlalu lama?	Kalau terlalu lama, sistem gas kerja terus-terusan. BOG tetap ada, jadi kalau tidak dimanfaatkan bisa jadi tidak efisien juga.
7	Bagaimana penggunaan *heel* selama *cooldown*?	*Heel* itu jadi sumber utama untuk *spray*, tapi makin banyak dipakai, BOG juga makin banyak terbentuk. Jadi harus balance.
8	Apakah pernah terjadi *heel* tidak cukup?	Pernah, biasanya habis stripping. Jadi kita harus lebih hati-hati, tidak bisa langsung *spray* besar.
9	Bagaimana pengaruh gelombang laut?	Kalau kapal goyang, LNG di dalam ikut bergerak dan penguapan jadi lebih besar. Jadi BOG bisa naik walaupun kita tidak nambah *spray*.
10	Apakah suhu lingkungan berpengaruh?	Berpengaruh. Kalau cuaca panas, heat masuk ke tank lebih besar, jadi BOG juga lebih cepat terbentuk.
11	Apa indikator utama saat *cooldown*?	Biasanya kita lihat tekanan, temperatur, sama flow BOG. Itu yang paling sering dipantau di CCR.
12	Bagaimana menjaga proses tetap aman?	Harus jaga balance antara *spray* sama kemampuan handling BOG. Jangan terlalu agresif.
13	Apa peran *Crew*?	*Crew* harus monitor terus, tidak cuma lihat di CCR tapi juga cek langsung di deck.

No	Pertanyaan	Jawaban (Gas Engineer)
14	Apa penyebab utama *cooldown* tidak optimal?	Biasanya karena BOG tidak seimbang sama handling system, sama perubahan kondisi operasi seperti jadwal.
15	Apa saran untuk optimalisasi?	Lebih baik *cooldown* dilakukan bertahap, jangan terburu-buru, dan koordinasi antara deck sama engine harus jalan.

Lampiran 13 Hasil Wawancara dengan *Second Officer*

No	Pertanyaan	Jawaban (Second Officer)
1	Bagaimana Second Officer melihat pentingnya proses *cooldown* sebelum loading LNG di kapal ini?	Dari sisi operasional, *cooldown* itu penting untuk memastikan tangki sudah siap sebelum loading. Kalau belum cukup dingin, bisa berpengaruh ke keselamatan dan stabilitas selama proses muat.
2	Apakah proses *cooldown* selalu berjalan sesuai rencana?	Tidak selalu. Biasanya tergantung kondisi di lapangan, terutama kalau ada perubahan jadwal dari terminal atau cuaca.
3	Bagaimana perubahan jadwal mempengaruhi *cooldown*?	Kalau jadwal berubah, otomatis kita harus menyesuaikan waktu *cooldown*. Kadang harus dipercepat, kadang juga harus dijaga supaya suhu tidak naik lagi.
4	Apa yang terjadi jika *cooldown* dipercepat?	Biasanya suhu turun tidak merata dan BOG bisa meningkat. Jadi harus lebih diperhatikan selama proses berlangsung.
5	Apakah tekanan tangki ikut terpengaruh?	Iya, tekanan ikut berubah kalau BOG meningkat. Biasanya kita monitor terus dari CCR.
6	Bagaimana jika *cooldown* terlalu lama?	Kalau terlalu lama, proses jadi tidak efisien dan *heel* juga lebih banyak terpakai.
7	Bagaimana penggunaan *heel* selama *cooldown*?	*Heel* digunakan untuk *spray* ke tangki yang masih hangat. Tapi harus diatur supaya tidak cepat habis.

No	Pertanyaan	Jawaban (Second Officer)
8	Apakah pernah terjadi *heel* tidak cukup?	Pernah, terutama setelah stripping. Jadi harus lebih hati-hati dalam penggunaan dan pengaturan *spray*.
9	Bagaimana pengaruh gelombang laut?	Gelombang bisa membuat muatan di dalam tangki bergerak dan meningkatkan penguapan, jadi BOG bisa bertambah.
10	Apakah suhu lingkungan berpengaruh?	Berpengaruh, terutama kalau suhu udara tinggi, pendinginan jadi lebih lama.
11	Apa indikator utama saat *cooldown*?	Biasanya kita lihat temperatur, tekanan, dan kondisi BOG dari sistem monitoring.
12	Bagaimana menjaga proses tetap aman?	Dilakukan secara bertahap dan terus dimonitor. Tidak bisa langsung full *spray*.
13	Apa peran *Crew*?	*Crew* harus aktif monitor di CCR dan juga melakukan pengecekan langsung di deck untuk memastikan semua aman.
14	Apa penyebab utama *cooldown* tidak optimal?	Biasanya karena perubahan jadwal dan kondisi operasional yang tidak sesuai rencana.
15	Apa saran untuk optimalisasi?	Perlu koordinasi yang baik antar *Crew* dan pengaturan *cooldown* yang lebih fleksibel sesuai kondisi di lapangan.