

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



**SKRIPSI
ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN
SUHU MUATAN TERHADAP TEKANAN
UAP PADA *LIQUID CARGO TANKS* DI
ATAS KAPAL S.S TRIPUTRA**

Oleh:

NUR WAHYUDIN RAUF

NRP. 363200513

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV

JAKARTA

2024

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



SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN
SUHU MUATAN TERHADAP TEKANAN
UAP PADA *LIQUID CARGO TANKS* DI
ATAS KAPAL S.S TRIPUTRA**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Penyelesaian
Program Pendidikan Diploma IV**

Oleh:

NUR WAHYUDIN RAUF

NRP. 363200513

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV

JAKARTA

2024

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



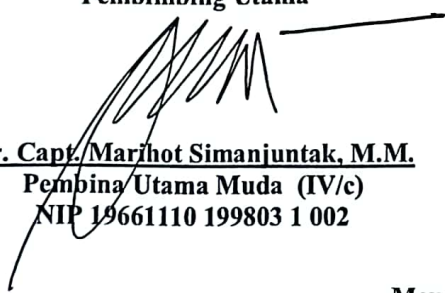
TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

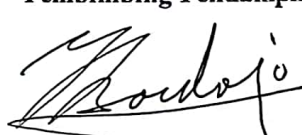
Nama : Nur Wahyudin Rauf
NRP : 363200513
Program Pendidikan : Diploma IV
Jurusan : Nautika
Judul : Analisis Pengaruh Perubahan Suhu Muatan
Terhadap Tekanan Uap Pada *Liquid Cargo*
Tank di Atas Kapal S.S Triputra

Jakarta, Juli 2024

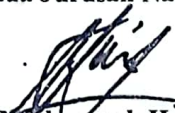
Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Dr. Capt. Marhot Simanjuntak, M.M.
Pembina Utama Muda (IV/c)
NIP 19661110 199803 1 002


Ir. Boedojo Wiwoho S.J., M.T.
Pembina Tk. 1 (IV/b)
NIP 19641218 199103 1 003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Nautika


Dr. Meilinasari Nurhusanah H., S.Si. T., M.MTr.
Penata Tk. I (III/d)
NIP 19810503 200212 2 001

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



TANDA TANGAN PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Nur wahyudin rauf
NRP : 363200513
Program Pendidikan : Diploma IV
Jurusan : Nautika
Judul : Analisis Pengaruh Perubahan Suhu Muatan
Terhadap Tekanan Uap Pada Liquid Cargo
Tank di Atas Kapal S.S Triputra

Jakarta, 05 Agustus 2024

Ketua Penguji

Capt. Irfan Faozun, M.M.

Pembina (IV/a)

NIP 19730908 200812 1 001

Anggota Penguji

Achmad bashori, S.Si., M.T

Pembina (IV/a)

NIP 19770201 200604 1 019

Anggota Penguji

Dr. Capt. Marihot Simanjuntak, M.M.

Pembina Utama Muda (IV/c)

NIP 19661110 199803 1 002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Nautika

Dr. Meilinasari Nurhasanah H., S.Si.T., M.MTr.

Penata Tk. I (III/d)

NIP 19810503 200212 2 001

Dr. Meilinasari Nurhasanah H., S.Si.T., M.MTr.

Penata Tk. I (III/d)

NIP 19810503 200212 2 001

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan karunia-Nya skripsi ini dapat diselesaikan oleh penulis tepat pada waktunya dan memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program pendidikan Diploma IV Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta. Dalam hal penulisan skripsi ini, penulis memilih judul:

**“ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN SUHU MUATAN TERHADAP
TEKANAN UAP PADA *LIQUID CARGO TANKS* DI ATAS KAPAL S.S
TRIPUTRA”**

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menjelaskan apa saja masalah yang terjadi dan dikaitkan dengan teori yang ada dalam beberapa referensi. Penulis menyadari masih terdapat beberapa kekurangan, hambatan baik dari segi penyajian materi serta dalam penggunaan bahasa. Berkat bantuan serta bimbingan dari dosen pembimbing maupun pihak lainnya, skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Pada penulisan skripsi penulis juga sangat berterima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu serta mendukung penulis dalam penulisan skripsi ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Yth, Bapak Dr. Capt. Tri Cahyadi, M.H., M. Mar, selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta
2. Yth. Ibu Dr. Meilinasari Nurhasanah Hutagaol., S.SiT.,M.MTr. selaku Ketua Jurusan Nautika
3. Yth, Bapak Ferro Hidayah, M.Mar., M.MTr selaku Sekretaris Jurusan Nautika.
4. Yth. Bapak Dr. Capt. Marihot Simanjuntak, MM_selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan banyak pengarahan, masukan serta bimbingan kepada penulis.
5. Yth, Bapak Ir. Boedojo Wiwoho S. J., M. T. selaku dosen pembimbing pendamping

yang telah memberikan banyak pengarahan, masukan serta bimbingan kepada penulis.

6. Kepada keluarga saya tercinta yaitu ayahanda Abd. Rauf, ibunda Hasriani, kakak saya Nur Wahyuni Rauf, Nur Isnaeni Rauf dan adik saya Nur Afiyah Ramadhani Rauf yang telah memberikan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Seluruh kru kapal S.S TRIPUTRA atas bimbingan dan pengetahuan yang telah diberikan kepada saya selama melakukan praktek laut.
8. Kepada *Master* S.S TRIPUTRA yaitu Capt. Agus Saiful Bahri yang telah memberikan bimbingan kepada penulis selama melaksanakan praktek laut.
9. Seluruh taruna/I angkatan 63 yang saya banggakan.
10. Teruntuk orang-orang baik di sekitar saya yang telah membantu saya sampai titik ini.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca serta dapat memenuhi persyaratan program Diploma IV di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.

Jakarta, Juli 2024

Nur Wahyudin Rauf
363200513

DAFTAR ISI

COVER DALAM.....	i
TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
TANDA PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SINGKATAN.....	ix
DAFTAR ISTILAH.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah.....	6
E. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	6
F. Sistematika Penulisan Skripsi.....	7
BAB II LANDASAN TEORI.....	9
A. Definisi Operasional.....	9
B. Teori.....	14
C. Kerangka Pemikiran.....	27
D. Hipotesis.....	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	29
B. Metode Penelitian.....	31
C. Teknik Analisi Data.....	35
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	40
A. Deskripsi Data.....	40
B. Analisis Data.....	43
C. Pemecahan Masalah.....	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	54
A. Kesimpulan.....	54
B. Saran.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 perubahan bentuk air terhadap suhu.....	11
Gambar 2. 2 komposisi kimiawi LNG.....	15
Gambar 2. 3 proses terjadinya Roll over.....	17
Gambar 2. 4 Cargo Tank Vent Line.....	18
Gambar 2. 5 perbandingan volume dan suhu menurut hukum Charles.....	19
Gambar 2. 6 Perbandingan volume dan suhu menurut hukum Charles.....	20
Gambar 2. 7 Perbandingan tekanan dan suhu menurut hukum Charles.....	21
Gambar 2. 8 Membrane Tanks.....	25
Gambar 2. 9 Bagian dalam Membrane Tank S.S Triputra.....	26
Gambar 2. 10 kerangka pemikiran.....	28
Gambar 4. 1 Data rata-rata suhu dan rata-rata tekanan uap pada liquid cargo tank pada tanggal 8 – 11 november 2022	
Gambar 4. 2 Data rata-rata suhu dan rata-rata tekanan uap pada liquid cargo tank pada tanggal 22 – 25 november 2022	

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data After Before Loading Ship To Ship	
Tabel 2. 1 Data Sheet Methane.....	15
Tabel 3. 1 Tabel interpretasi koefisien korelasi	
Tabel 4. 1 Data rata-rata suhu dan rata-rata tekanan uap pada liquid cargo tanks saat kejadian rollover	
Tabel 4. 2 Hasil Uji Homogenitas	
Tabel 4. 3 Hasil uji korelasi	
Tabel 4. 4 Hasil uji determinasi	
Tabel 4. 5 Hasil uji regresi linear sederhana	
Tabel 4. 6 Hasil uji Parsial (uji t)	

DAFTAR SINGKATAN

LNG	Liquified Natural Gas
LNG/C	Liquefied Natural Gas Carrier
IGC Code	International Gas Carrier Code
CCR	Cargo Control Room
CTM	Custody Transfer Measurement
IMO	International Maritime Organization
SIGTTO	Society of International Gas Tanker and Terminal Operators
MARVS	Maximum Allowable Relief Valve System
kPa	Kilopascal

DAFTAR ISTILAH

<i>LNG</i>	: Adalah gas alam yang dihasilkan dari perut bumi kemudian dicairkan melalui proses tertentu dan mempunyai mudah terbakar dimana komponen penyusun utamanya adalah hidrokarbon
<i>Spray Pump</i>	: Salah satu jenis pompa muatan di atas kapal yang digunakan dalam operasi pendinginan tangki.
<i>Cargo Pump</i>	: Pompa yang digunakan untuk membongkar muatan, membongkar sisa-sisa muatan / pengeringan serta tank washing, ballast dan deballasting.
<i>Low Duty Compressor</i>	: Salah satu kompresor muatan di atas kapal yang berfungsi menghisap uap LNG dari dalam tangki muatan menuju Boiler.
<i>High duty compressor</i>	: Sebuah alat untuk menyalurkan gas hasil Boil of Gas kedarat pada saat memuat LNG dengan tujuan untuk dapat menjaga tekanan tanki muat.
<i>Boiler</i>	: Bejana bertekanan dengan bentuk dan ukuran yang didesain untuk menghasilkan uap panas.
<i>Heel</i>	: Sisa muatan di dalam tangki muatan yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan operasi pendinginan tangki dan bahan bakar.
<i>Cargo Control Room</i>	: Ruangan di atas kapal yang gunanya untuk mengontrol muatan saat bongkar atau muat.
<i>LNG Carrier</i>	: Kapal yang didesain untuk mengangkut transportasi muatan dalam bentuk gas alam cair
<i>Cryogenic</i>	: Pembelajaran tentang produksi dan sifat dari bahan material yang sangat dingin. Pengertian sangat dingin disini ditentukan mulai dari suhu -150°C

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Sinopsis

Lampiran 2 Lembar Bimbingan

Lampiran 3 Hasil Turnitin

Lampiran 4 *Ship's partiular*

Lampiran 5 *Crew list*

Lampiran 6 Proses *loading ship to ship*

Lampiran 7 Struktur kapal S.S Triputra

Lampiran 8 Proses pencairan *Liquefied Natural Gas*

Lampiran 9 *Cargo Document*

Lampiran 10 Parameter *cargo tank pressure*

Lampiran 11 perhitungan t-tabel

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Berdasarkan rilis *Databooks*, Indonesia menjadi salah satu negara yang menjadi eksportir gas alam cair (*Liquefied Natural Gas* / LNG) terbesar di dunia pada tahun 2021, pada tahun 1977 Indonesia sudah mulai berkontribusi dalam pasar LNG dan mendapatkan posisi delapan di dunia, sehingga Indonesia menjadi salah satu eksportir LNG terbesar di dunia. LNG menjadi salah satu komoditas energi yang diminati, terutama oleh negara-negara maju yang fokus pada isu lingkungan. Gas alam cair terbukti menjadi sumber energi bersih dibandingkan dengan batu bara. Selain itu, harga LNG juga terbilang cukup terjangkau, sehingga dapat diandalkan menjadi salah satu sumber energi alternatif.

Gas alam diperoleh dari kerak bumi melalui pengeboran ke dalam *reservoir* bawah tanah menggunakan *rig* yang berada di permukaan bumi. Proses ini menghasilkan gas alam yang kemudian diolah menjadi LNG (*Liquefied Natural Gas*). Dalam buku *Liquefied Gas Handling Principles*, dijelaskan tahapan transformasi gas alam menjadi LNG. Tahap pertama adalah penghapusan kondensat untuk menghasilkan gas alam yang lebih murni. Selanjutnya, gas alam diproses untuk memisahkan gas asam seperti karbon dioksida dan hidrogen sulfida. Setelah pemisahan gas asam, gas alam yang telah dimurnikan dialirkan ke unit fraksinasi. Di sini, komponen utama seperti *Natural Gas Liquids* (NGL) dihilangkan. Gas alam kemudian dipecah menjadi fraksi spesifik seperti propana dan butana. Aliran gas utama, yang sebagian besar berupa metana, kemudian dicairkan dengan menggunakan udara atau helium hingga mencapai suhu -161°C , menghasilkan produk akhir LNG. Bagan lengkap proses perubahan dari gas menjadi LNG dapat dilihat dalam lampiran 5.

Berdasarkan Manual Instruksi Penanganan Muatan S.S Triputra, LNG adalah gas alam yang telah diubah menjadi cairan dengan mendinginkannya hingga suhu -161°C . LNG ini memiliki kandungan utama lebih dari 90% metana (CH_4) dan kurang dari 10% gas hidrokarbon lainnya, termasuk etana (C_2H_6), propana (C_3H_8), butana (C_4H_{10}), dan pentana (C_5H_{12}). Setelah proses ini, LNG menjadi cairan yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak menghantarkan listrik. Sifat LNG adalah bahwa pada tekanan atmosfer normal, cairan ini akan tetap berada dalam bentuk cair pada suhu di bawah -161°C dan akan menguap pada suhu di atas -75°C .

Dalam era saat ini, pendistribusian LNG mengandalkan berbagai moda transportasi, dan transportasi laut menjadi pilihan utama dalam mengangkut LNG dalam jumlah besar. Kapal laut mendominasi sebagai sarana utama, terutama karena perbandingan volume yang signifikan antara LNG dalam bentuk cair dan gas, yaitu 1:600. Ini berarti setiap liter LNG dalam bentuk cair setara dengan 600 liter LNG dalam bentuk gas. Karena sifat berbahayanya, LNG masuk dalam klasifikasi muatan berbahaya yang memerlukan penanganan khusus. LNG *carrier* merupakan jenis kapal yang dirancang khusus untuk mengangkut jenis muatan gas dalam bentuk cair sebagai berikut:

1. *Independent Type B tank* terdiri dari tipe *moss rosenberg* yang mudah dikenali dengan bentuk tank seperti bola. Kelebihan tipe ini adalah *boil off gas* yang dihasilkan lebih sedikit daripada desain lain seperti tipe *Membrane*. Selain itu, kelebihan pada tipe *moss* ada pada kekuatan *primary barrier* yang toleran terhadap kebocoran.
2. *Integral Membrane Tank* terdiri atas 2 desain, NO 96 dan *GTT Mark III*, desain ini memiliki keunggulan pada kapasitas muatan yang dapat diangkut.

Kapal S.S Triputra memiliki sejarah panjang sejak penandatanganan kontrak pembangunan pada tanggal 4 Desember 1997, peluncuran pada tanggal 2 Juli 1999, hingga penyerahannya pada tanggal 24 Oktober 2000. Dengan panjang keseluruhan (LOA) 151,03 meter, lebar 28 meter, *draft* 7,06 meter, dan tinggi 47,40 meter, S.S Triputra dirancang untuk beroperasi dengan kecepatan 10,0 knot baik saat bermuatan penuh (*laden*) maupun saat dalam kondisi tidak memuat (*ballast*). Kapal S.S Triputra, merupakan kapal pengangkut gas cair tipe *Membrane* dengan tangki tipe *GTT MARK III*, tangki ini terbuat dari *stainless steel* yang tahan dengan suhu dingin, memiliki tiga ruang muat berkapasitas total 23.000 meter kubik dan

suhu mencapai -160°C . Setiap ruang muat dilengkapi dengan dua *cargo pump* dan satu *spray pump*. Untuk penyimpanan tangki gas alam cair menggunakan baja kriogenik (*Cryogenic steel*) yang mampu menahan suhu dingin yang ekstrim.

Rute pelayaran S.S Triputra meliputi perjalanan dari Kapal FSRU Jawa Satu di Subang, Jawa Barat ke kapal FSRU Karunia Dewata Benoa, Bali. Dalam operasionalnya, kapal ini dilengkapi dengan *high duty* dan *low duty compressor* untuk pengiriman gas ke kamar mesin. Mematuhi standar *IGC code* untuk pengangkutan gas internasional, kapal ini menerapkan penanganan khusus sesuai dengan *Cargo Manual book* selama proses pengiriman muatan guna menjamin keselamatan dan efisien selama pengiriman muatan LNG. Dalam mengelola kargo LNG, perhatian khusus diberikan pada suhu dan tekanan uap. Keahlian perwira kapal menjadi kunci utama dalam menjaga suhu dan tekanan uap agar tidak terjadi *outgassing*. *Monitoring* yang cermat dan keterampilan awak kapal sangat penting untuk menjaga kondisi suhu dan tekanan uap selama proses penanganan muatan

Tindakan pencegahan yang ketat diterapkan pada pembawa gas untuk mencegah kondisi *vent out*, karena tekanan uap tinggi di dalam tangki dapat menimbulkan bahaya serius. Ketika tekanan uap melebihi batas tekanan kerja maksimum yang diijinkan, gas dilepaskan melalui katup pengaman untuk mencegah kecelakaan disebut MARVS (*Maximum Allowable Relief Valve System*) yang sudah ditentukan, Dalam MSDS (*Material Safety Data Sheet*), dijelaskan uap gas yang bercampur dengan udara dapat dengan mudah memicu reaksi kebakaran yang akan memicu terjadinya ledakan dan kerusakan pada konstruksi kapal Hal ini dapat terjadi jika gas ini bercampur dengan udara dengan konsentrasi berkisar antara 5% hingga 15% dari total volume udara, maka ada kemungkinan gas tersebut akan terbakar dan menimbulkan kebakaran. Terlebih lagi, jika dinyalakan di ruang terbatas, berpotensi menimbulkan ledakan yang sangat berbahaya.

Berdasarkan pengalaman penulis selama menjalani program praktek berlayar di atas kapal S.S Triputra, kapal mengalami *vent out* pada saat berlayar menuju kapal FSRU Karunia Dewata, Benoa, Bali, Indonesia. Hal tersebut terjadi Pada bulan November 2022 tepatnya pada tanggal 8 dan 22 november 2022. Insiden ini terjadi setelah kapal menyelesaikan proses pemuatan di Kapal FSRU Jawa Satu secara *ship to ship* (STS) dan melanjutkan perjalanan menuju Bali. Peningkatan tekanan uap pada tangki muatan LNG terjadi setelah beberapa jam saat meninggalkan Kapal FSRU Jawa Satu. Peristiwa ini menyebabkan tekanan uap

dalam tangki meningkat secara mendadak pada tanggal 8 dan 22 november 2022. Namun, Kenaikan tekanan uap yang paling tinggi terjadi pada tanggal 22 november 2022 hingga mencapai 24.5 kPa, sehingga mengaktifkan *cargo tank protection system* yang menyebabkan *vent valve* (VG 173) terbuka hal ini mengakibatkan terjadinya *venting out* pada perjalanan menuju kapal FSRU Karunia Dewata. Berikut data tanggal 8 dan 22 selama pelayaran menuju bali

Tabel 1. 1 *Data After Before Loading Ship To Ship*

Date	cargo quantity (m ³)		cargo temp(°C)		cargo density (kg/m ³)		tank pressure (kPa)	
	before	after	before	after	before	after	before	after
08-Nov-22	108,752	22,503,708	-158,6	-159,1	432.90	432.15	11,2	15,7
21-Nov-22	85,004	22,497,660	-159,1	-158,9	432.15	430.99	11,2	14,6

Sumber: Dokumentasi kapal

Kejadian ini sangat berbeda dengan kondisi sebelumnya, di mana tekanan uap dalam tangki muatan tetap stabil setelah keberangkatan kapal. Dampak dari insiden ini mencakup perubahan besar pada perhitungan total muatan yang sebelumnya telah diatur dalam rencana muatan. Selain itu, dampaknya juga dirasakan pada kenyamanan dan jadwal kerja kru kapal, menciptakan situasi darurat yang memerlukan tanggapan cepat dan tepat.

Berdasarkan pengamatan penulis, tingginya tekanan uap dalam tangki yang menyebabkan kenaikan drastis pada tangki muatan disebabkan oleh perbedaan suhu dan peristiwa *rollover*, kurangnya informasi yang diterima dari terminal, kurang optimalnya kinerja *high duty compressor* dan *low duty compressor* dalam menjaga tekanan uap pada tangki, serta kurangnya persiapan dan tindakan pencegahan untuk mengantisipasi terjadinya *vent out*. Faktor-faktor ini melibatkan suhu muatan LNG yang tinggi, perbedaan *density* antara sisa muatan dan muatan baru.

Dari konteks dan isu yang diungkapkan, penulis merasa tertarik untuk menganalisis pengaruh perubahan suhu muatan LNG terhadap tekanan uap pada *liquid cargo tanks* selama kapal berlayar. Oleh karena itu, penulis memutuskan untuk menyusun suatu karya ilmiah dalam bentuk skripsi dengan judul:

“ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN SUHU MUATAN LNG TERHADAP TEKANAN UAP PADA *LIQUID CARGO TANK* DI KAPAL S.S TRIPUTRA”

B. IDENTIFIKASI MASALAH

Dari penjelasan latar belakang yang telah disampaikan, dapat diidentifikasi permasalahan yang menyebabkan tekanan uap dalam tangki menjadi sangat tinggi sebagai berikut:

1. Perubahan suhu muatan LNG.
2. Pengaruh tekanan uap muatan LNG.
3. Adanya perbedaan suhu antara sisa muatan dan muatan baru sehingga mengakibatkan peristiwa *Rollover* yang memicu tekanan uap secara drastis.
4. *High duty compressor* dan *low duty compressor* tidak bekerja secara optimal dalam menjaga tekanan uap pada tangki muatan LNG.
5. Informasi yang diterima dari terminal kurang memadai untuk mempersiapkan tindakan pencegahan yang diperlukan, mengakibatkan ketidaksiapan dalam menghadapi situasi darurat.
6. Kurangnya kesiapan perwira kapal dalam menangani tindakan saat peristiwa *rollover*.

C. BATASAN MASALAH

Dikarenakan keterbatasan waktu, ruang lingkup, dan pengetahuan penulis untuk mengupas secara rinci setiap permasalahan yang muncul di kapal SS. TRIPUTRA selama periode agustus 2022 hingga Juli 2023, penulis akan memfokuskan perhatian pada dua aspek utama:

1. Suhu muatan LNG selama peristiwa *rollover*.
2. Tekanan uap muatan LNG selama peristiwa *rollover*.

D. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan konteks yang telah diuraikan sebelumnya, penulis akan merumuskan permasalahan yang akan dihadapi selama 1 tahun melakukan penelitian di Kapal S.S TRIPUTRA sebagai berikut:

1. Adakah pengaruh suhu muatan terhadap perubahan tekanan uap pada tangki muatan LNG, terutama selama peristiwa *rollover* ?
2. Bagaimana suhu dapat mempengaruhi perubahan tekanan uap pada tangki muatan LNG, terutama selama peristiwa *rollover* ?

E. TUJUAN DAN MANFAAT PENULISAN

1. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan skripsi ini adalah:

- a. Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh suhu muatan terhadap tekanan uap pada tangki muatan LNG.
- b. Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh suhu muatan terhadap tekanan uap pada tangki muatan LNG.

2. Manfaat

a. Aspek teoritis

- 1) Diinginkan agar bisa menjadi rujukan dalam penelitian terkait upaya mengatasi pelepasan gas yang tiba-tiba pada tangki muatan kapal LNG.
- 2) Sebagai materi yang dapat dipertimbangkan oleh pembaca, terutama oleh perwira kapal, agar mereka dapat mengembangkan keterampilan kepemimpinan dan pengendali.

b. Aspek praktis

Agar dapat menjadi masukan bagi kru kapal dalam mengatasi

kondisi *vent out* untuk menunjang kelancaran proses pemuatan LNG.

F. SISTEMATIKA PENULISAN SKRIPSI

Skripsi ini terdiri dari lima bab yang saling berkaitan, sehingga menciptakan sistematika sesuai dengan panduan penulisan skripsi Program Diploma 4 (D-IV) Program Studi Nautika di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta. Bab-bab tersebut diatur sesuai dengan urutan berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan fenomena yang akan dibahas dalam tesis ini. Penulis juga memaparkan latar belakang, identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah yang akan dikaji, tujuan, dan manfaat penyusunan tesis secara singkat, serta sistematika penulisan tesis.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini dijelaskan definisi operasional dan teori berdasarkan pengetahuan dari ilmu pengetahuan pendukung seperti hipotesis atau pandangan para ahli yang terkait dengan permasalahan penelitian. Selain itu, disajikan kerangka pemikiran yang menerapkan prinsip-prinsip yang ada sebagai dasar bagi penulis dalam menyusun skripsi ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai waktu dan lokasi penelitian, pendekatan metodologi, sumber data, teknik pengumpulan data, populasi, sampel, serta teknik sampling yang menjadi fokus penelitian. Selain itu, dijabarkan pula teknik analisis data yang akan digunakan dalam proses penelitian.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini, terdapat deskripsi data yang melibatkan informasi yang diperoleh langsung dari lapangan mengenai fakta-fakta yang terkait dengan situasi di kapal. Selain itu, disajikan analisis data, opsi-alternatif untuk pemecahan masalah, evaluasi terhadap alternatif pemecahan, dan

langkah-langkah konkret dalam menyelesaikan masalah.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bagian akhir dari skripsi ini, yang mencakup rangkuman kesimpulan dan rekomendasi. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil analisis data, sementara saran mencakup pernyataan singkat dan konkret sebagai masukan untuk perbaikan yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR LAMPIRAN

BAB II

LANDASAN TEORI

A. DEFINISI OPERASIONAL

Bab ini membahas tentang definisi operasional dan teori yang mendasari penelitian ini. Penulis memerlukan berbagai sumber dan referensi untuk memperkuat dan memperlancar penulisan skripsi. Definisi operasional yang akan dibahas menjelaskan istilah dan konsep yang digunakan dalam judul skripsi. Diharapkan setelah membaca bab ini, pembaca dapat memahami konteks penelitian dengan lebih baik

1. Analisis

Menurut kamus besar bahasa indonesia (KBBI), Analisis adalah Penyelidikan suatu peristiwa (karangan, perbuatan, dan sebagainya) untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya (sebab-musabab, duduk perkaranya, dan sebagainya).

Menurut Sugiyono (2020), analisis adalah proses pemecahan masalah yang dimulai dengan hipotesis (dugaan, dan sebagainya) sampai terbukti kebenarannya melalui beberapa kepastian (pengamatan, percobaan, dan sebagainya).

Dari definisi di atas analisis dapat disintesis sebagai suatu proses penyelidikan atau pemecahan masalah yang bertujuan untuk memahami suatu peristiwa atau situasi secara mendalam. Proses ini melibatkan pengamatan, percobaan, dan pembuktian hipotesis untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya, termasuk sebab-musabab dan duduk perkaranya.

2. Pengaruh

Menurut kamus besar bahasa indonesia (KBBI) pengaruh adalah akibat yang timbul dari perbuatan atau keadaan

Dalam bukunya "*Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*," Creswell menjelaskan bahwa pengaruh dalam penelitian kuantitatif adalah hubungan kausal atau korelasional yang dapat diukur antara variabel independen dan dependen melalui penggunaan statistik inferensial.

Dari definisi di atas perubahan dapat disintesis akibat yang timbul dari hubungan korelasional yang dapat diukur melalui penggunaan statistik.

3. Suhu

Menurut kamus besar bahasa indonesia (KBBI) suhu adalah ukuran panas atau dinginnya suatu benda yang dinyatakan dalam derajat Celcius, Fahrenheit, atau Kelvin.

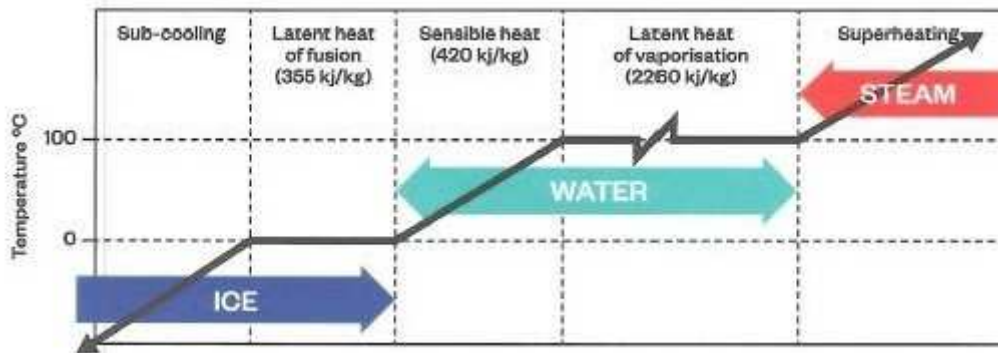
Menurut Cengel & Boles (2020), Suhu adalah sifat termodinamika yang menunjukkan seberapa panas atau dingin suatu sistem. Suhu diukur dalam skala Kelvin (K), Celcius ($^{\circ}\text{C}$), Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$), dan Rankine ($^{\circ}\text{R}$).

Dari definisi di atas suhu dapat disintesis sebagai sifat termodinamika yang mengindikasikan seberapa panas atau dingin suatu sistem atau benda. Suhu dapat diukur dalam berbagai skala, termasuk *Kelvin* (K), *Celcius* ($^{\circ}\text{C}$), *Fahrenheit* ($^{\circ}\text{F}$), dan *Rankine* ($^{\circ}\text{R}$). Suhu mencerminkan energi kinetik partikel dalam sistem, di mana suhu yang lebih tinggi menunjukkan partikel yang memiliki energi kinetik yang lebih tinggi, dan sebaliknya.

4. Perubahan suhu

Menurut buku "*Fundamentals of Physics*" ,Perubahan suhu adalah suatu kondisi di mana terjadi kenaikan atau penurunan temperatur suatu zat atau sistem. Suhu adalah ukuran energi kinetik rata-rata dari partikel-partikel dalam suatu zat, dan perubahan suhu mencerminkan perubahan dalam energi kinetik tersebut. Perubahan suhu dapat mempengaruhi berbagai sifat fisik zat, seperti tekanan, volume, dan kepadatan.

Menurut Entropy (2020), Perubahan suhu pada gas dapat menyebabkan perubahan tekanan dan volume sesuai dengan hukum gas ideal. Misalnya, ketika suhu gas meningkat, molekul-molekul gas akan bergerak lebih cepat, menyebabkan peningkatan tekanan jika volume tetap konstan atau peningkatan volume jika tekanan tetap konstan.



Gambar 2. 1 perubahan bentuk air terhadap suhu

Sumber: ICS: *Tanker Safety Guide – Liquefied Gas*

Dari definisi di atas pengaruh dapat disintesisakan Perubahan suhu adalah perubahan dalam energi kinetik rata-rata partikel-partikel dalam suatu zat. Ini dapat mempengaruhi sifat fisik seperti tekanan, volume, dan kepadatan.

5. Tekanan Uap

Menurut Chen et al. (2023), tekanan uap sebagai tekanan parsial uap dalam kesetimbangan dengan fase cair atau padatnya pada suhu tertentu. Mereka mengamati bahwa tekanan uap berkorelasi langsung dengan energi kinetik molekul dalam cairan, yang meningkat seiring dengan peningkatan suhu, menyebabkan lebih banyak molekul melarikan diri ke fase gas

Menurut Johnson & Walker (2023), tekanan uap adalah ukuran kecenderungan molekul dalam suatu cairan untuk memasuki fase gas. Mereka menekankan bahwa tekanan uap dipengaruhi oleh sifat intermolekuler cairan, suhu, dan tekanan lingkungan. Mereka juga menambahkan bahwa pemahaman tentang tekanan uap penting dalam industri kimia dan farmasi untuk mengontrol proses penguapan dan kondensasi.

Dari definisi di atas, tekanan uap dapat disintesisakan tekanan yang dihasilkan oleh molekul-molekul yang menguap dari permukaan cairan dan berada dalam kesetimbangan dinamis dengan fase cair pada suhu tertentu. Tekanan ini mencerminkan kecenderungan molekul cairan untuk memasuki fase gas, dipengaruhi oleh sifat intermolekuler cairan, suhu, dan tekanan lingkungan.

6. Kapal

Menurut Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran (UU Pelayaran) mendefinisikan kapal sebagai kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah.

Menurut Kitab Undang-undang Hukum Dagang (KUHD), pasal 309, kapal adalah semua alat berlayar, bagaimanapun namanya dan apa pun sifatnya. Dan pasal 310, Kapal laut adalah semua kapal yang dipergunakan untuk pelayaran di laut atau diperuntukkan bagi itu.

Sehingga dapat disintesisakan bahwa kapal adalah kapal mencakup semua kendaraan air, baik yang digerakkan oleh berbagai sumber energi maupun yang ditarik atau ditunda, termasuk yang digunakan untuk berlayar di laut atau dirancang untuk tujuan tersebut.

7. Muatan

Menurut Dr. Ir. Eddy Setiawan, MT (2020), mendefinisikan “muatan sebagai barang atau benda yang diangkut dengan kapal, baik yang dimuat di atas dek maupun di dalam palka.”

Menurut *International Maritime Organization* (IMO), mendefinisikan Muatan adalah barang atau bahan apa pun yang dimuat ke atas kapal untuk transportasi.

Menurut “*United Nations Economic Commission for Europe*”

(UNECE), mendefinisikan “Barang yang dibawa dengan sarana transportasi, baik untuk disewa atau imbalan atau oleh pengangkut untuk kepentingannya sendiri.”

Sehingga penulis menyintesis bahwa muatan adalah barang atau benda yang diangkut dengan menggunakan sarana transportasi, dan dapat berupa berbagai macam barang, termasuk barang dagangan, bahan baku, barang pribadi, benda hidup, dan bahan berbahaya.

8. *Liquefied Natural Gas*

Menurut “ (*Instruction Manual for Liquefied Natural Gas LNG*) S.S Triputra”, LNG merupakan Gas alam yang dicairkan pada suhu -161°C ini memiliki kandungan lebih dari 90% metana (CH_4) dan kurang dari 10% gas hidrokarbon lainnya seperti pentana (C_5H_{12}), butana (C_4H_{10}), etana (C_2H_6), dan propana (C_3H_8). Menurut IMO, LNG dikategorikan sebagai muatan berbahaya karena sangat mudah terbakar dan diangkut pada suhu *cryogenic*. Biasanya digunakan sebagai sumber energi untuk pembangkit listrik dan diyakini dapat menggantikan bahan bakar minyak di masa depan. Pengangkutan LNG dilakukan dengan kendaraan dan tangki khusus dalam bentuk cair, karena dalam bentuk cair, LNG hanya membutuhkan ruang 1:600 dibandingkan dalam bentuk gas.

Menurut buku "*Liquefied Gas Handling Principles On Ship and In Terminals*" oleh SIGTTO (2000), gas alam cair terbentuk pada suhu udara dan tekanan atmosfer. LNG adalah hasil dari pencairan campuran hidrokarbon alami yang sangat mudah terbakar dan dikategorikan sebagai zat berbahaya. Gas alam ini sebagian besar terdiri dari metana, yang tidak berbau dan tidak berwarna, serta dianggap sebagai bahan bakar yang lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar fosil lainnya. Karena sifatnya yang tidak berbau dan tidak berwarna, penanganan LNG memiliki tantangan khusus dan memerlukan banyak pelatihan serta pengalaman untuk mengelolanya dengan aman.

Dari uraian di atas maka penulis menyintesis bahwa LNG (*Liquefied Natural Gas*) adalah gas alam cair yang sebagian besar terdiri dari metana (lebih dari 90%) dan sejumlah kecil hidrokarbon lainnya. Dikategorikan sebagai muatan berbahaya karena mudah terbakar dan diangkut pada suhu

cryogenic (-161°C). LNG efisien untuk transportasi, membutuhkan ruang 1:600 dibandingkan bentuk gasnya, dan digunakan sebagai sumber energi pembangkit listrik, potensial menggantikan bahan bakar minyak. Penanganannya memerlukan pelatihan khusus karena sifatnya yang tidak berbau dan tidak berwarna, meskipun lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar fosil lainnya.

B. TEORI

Bab ini membahas berbagai teori yang menjelaskan analisis pengaruh tekanan uap terhadap perubahan suhu pada tangki muatan kapal. Tujuannya adalah untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam kepada pembaca mengenai topik penelitian ini. Penulis telah mengumpulkan berbagai teori dari berbagai sumber untuk memperkaya pembahasan.

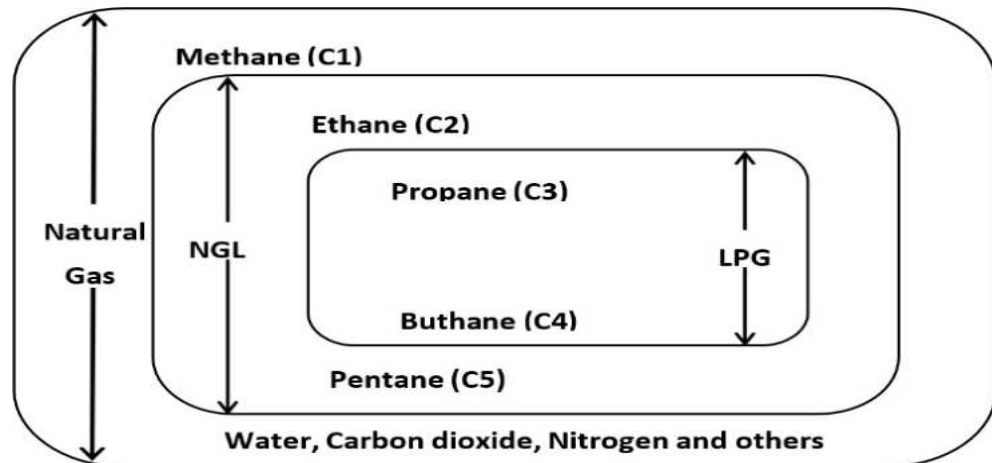
1. Karakteristik Liquefied Natural Gas

Menurut *“Instruction Manual for Cargo Handling LNG Triputa”* Page 4 - 5. LNG memiliki beberapa keunikan, diantaranya:

- a. LNG bersifat cair pada suhu antara -157°C sampai -163°C . Sehingga memudahkan dalam penyimpanan dan transportasi.
- b. LNG memiliki berat yang ringan, hanya setengah dari berat air. Berat jenisnya berkisar antara $0,42 \text{ kg/m}^3$ dan $0,48 \text{ kg/m}^3$. Oleh karena itu, LNG mudah berubah menjadi uap pada suhu dan tekanan normal.
- c. Tekanan gas LNG yang dialirkan berkisar antara 108 hingga 123 KPa *absolute*.
- d. Ketika gas alam diubah menjadi bentuk cair (LNG) melalui proses likuifaksi, volume cairannya menjadi sekitar 600 kali lebih kecil dibandingkan volume gasnya pada suhu dan tekanan atmosfer yang sama.
- e. LNG tidak dapat dilihat (tidak berwarna) dan tidak tercium baunya (tidak berbau).
- f. Campuran uap LNG dengan udara bebas dalam rentang 5% hingga 14% akan memicu kebakaran.
- g. Rata-rata massa satu partikel LNG adalah 16.04 satuan massa atom.

h. Suhu -161.5°C merupakan titik didih LNG pada tekanan 1 bar.

Komposisi kimiawi yang terdapat pada LNG adalah kandungan zat methane yang paling banyak yang terdapat pada LNG. Selain itu LNG mengandung beberapa gas hidrokarbon seperti ethane, pentane, propane, dan butane. Komposisi senyawa LNG dapat dilihat di gambar 2.1



Gambar 2. 2 komposisi kimiawi LNG

Sumber: *Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals*

Gambar menunjukkan bahwa LNG adalah unsur utama hasil penguraian gas alam yang terperangkap di dalam perut bumi dalam keadaan tekanan dan suhu tinggi, ketika diproduksi LNG terdiri atas senyawa hidrokarbon seperti *propane* dan *ethane* (campuran disebut *Natural Gas Liquid* atau NGL) dan zat yang tidak termasuk hidrokarbon seperti air dan nitrogen, zat yang tidak dibutuhkan ini kemudian dibuang melalui serangkaian proses hingga kandungan utama yang tertinggal adalah methane. Berdasarkan *ICS Tanker Safety Guide (Liquefied Gas) Data Sheet* kandungan methane dapat diuraikan sebagai berikut:

Tabel 2. 1 *Data Sheet Methane*

Methane/LNG	
<i>Trade name</i>	LNG-NATURAL GAS, REFRIGERATED LIQUID
<i>Appearance</i>	Colourless
<i>Odour</i>	Very faint, nearly odourless
<i>Chemical name</i>	Methane
<i>UN Number</i>	1972/1971
<i>MFAG Table</i>	620
Fire and Explosion data	
<i>Flashpoint</i>	-175°C

<i>Auto-ignition Temperature</i>	595°C
<i>Flammable limits</i>	5-16% by volume present in air
<i>Chemical data</i>	
<i>Formula</i>	CH ₄
<i>Chemical Family</i>	Hydrocarbon
<i>Physical Data</i>	
<i>Boiling point (1 atm)</i>	-161°C
<i>Coefficient of Cubic Expansion</i>	0.0026 per°C at -165°C
<i>Freezing point</i>	-182°C
<i>Relative Vapour Density</i>	0.55
<i>Molecular weight</i>	16.04Kg/Kmole
<i>Enthalpy (KJ/Kg)</i>	Liquid 29.3 at -165°C 285.5 at -100°C Vapour 545.1 at -165°C 588.3 at 100°C
<i>Condition of Carriage</i>	
<i>Normal carriage Condition</i>	Fully refrigerated
<i>Ship type</i>	2G
<i>Independent tank Required</i>	No

Sumber: ICS Tanker Safety Guide (Liquefied Gas) Data Sheet

2. Roll over

Dalam buku "*Guidance on the Prevention of Rollover in LNG Carriers*" yang dikeluarkan oleh SIGTTO, *Rollover* adalah fenomena di mana lapisan LNG di dalam tangki, yang memiliki suhu dan *density* berbeda, mengalami pencampuran mendadak atau perubahan fase dari cair ke gas. Proses ini menyebabkan peningkatan tekanan uap dalam tangki yang signifikan dan mendadak. Proses terjadinya *rollover* yaitu:

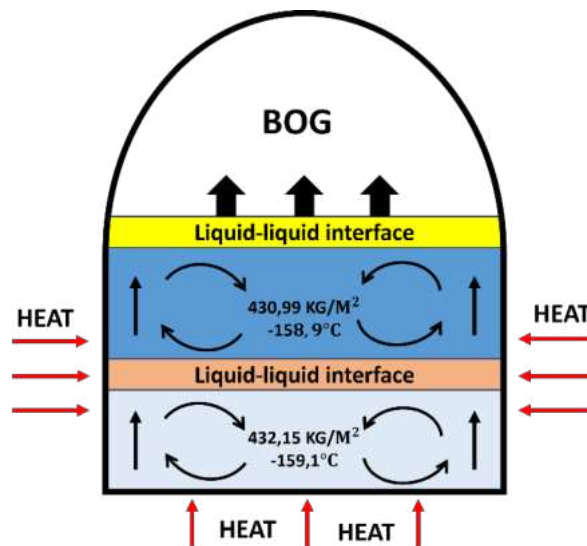
a. Perbedaan Suhu

Ketika ada perubahan mendadak atau pencampuran antara lapisan-lapisan dengan suhu yang berbeda, terjadi perubahan fase dari cair ke gas. Hal ini mengakibatkan peningkatan volume dan tekanan dalam tangki.

b. Stratifikasi Suhu

Stratifikasi LNG adalah fenomena di mana terjadi pemisahan lapisan LNG berdasarkan perbedaan *density* (kepadatan) dalam tangki

penyimpanan. Stratifikasi LNG dapat terjadi ketika tangki LNG diisi dengan LNG dengan kepadatan berbeda. Stratifikasi akan mudah terjadi jika LNG yang dimasukkan ke dalam tangki lebih padat daripada “heel” yang tersisa di dalam tangki dan pengisian berada di bagian bawah, atau jika LNG yang dimasukkan lebih ringan daripada bagian *heel* dan pengisian berada di bagian atas tangki.



Gambar 2. 3 proses terjadinya *Roll over*

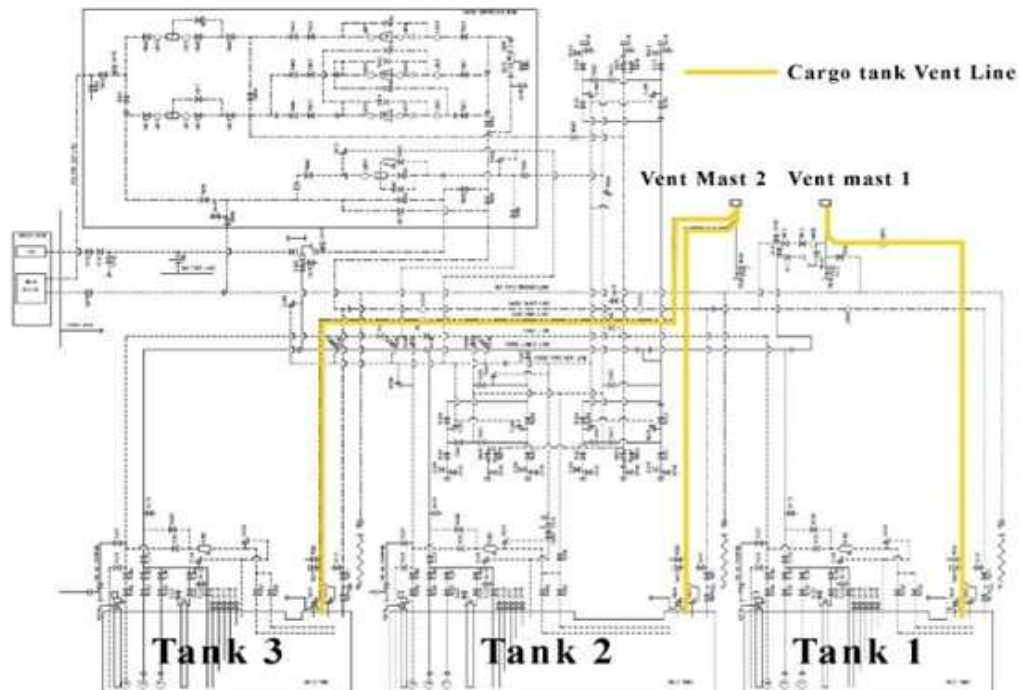
Sumber: *Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals*

Dampak dari peristiwa *rollover* mengakibatkan peningkatan tekanan uap pada tangki. Hal ini terjadi karena proses *rollover* menyebabkan perubahan kondisi lingkungan yang dapat mengakibatkan stratifikasi cairan dalam tangki. Stratifikasi ini berpotensi menyebabkan *rollover*, yang kemudian meningkatkan tekanan uap secara tiba-tiba. Peningkatan tekanan ini sangat mempengaruhi risiko keselamatan, termasuk risiko terhadap struktur tangki, potensi kebocoran, dan bahkan risiko ledakan.

3. Venting Out

Berdasarkan *Advance Course MOL Gas Tanker*, *venting out* terjadi ketika tekanan dalam tangki muatan naik hingga mencapai titik setelan katup pengaman (*safety relief valve*), yang kemudian akan terbuka. Uap LNG (*boil-off gas*) dari tangki muatan akan dibawa ke vent mast kapal. Pada kapal S.S

Triputra, batas tekanan MARVS adalah 25 KPa. Gambar 2.3 menunjukkan proses venting out pada kapal LNG/C TRIPUTRA.



Gambar 2. 4 Cargo Tank Vent Line

Sumber: *Instruction Manual for Cargo Handling LNG TRIPUTRA*

4. Teori mengenai gas

a. Hukum Gas Ideal

Dalam edisi keempat buku *"Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals"* karya McGuire dan White, dijelaskan bahwa gas ideal adalah gas yang memiliki karakteristik sesuai dengan hukum gas berdasarkan molekul-molekulnya yang renggang dan tidak saling berinteraksi secara signifikan. Semua gas dengan komposisi kimia apapun pada suhu tinggi dan tekanan rendah cenderung mempertahankan hubungan sederhana tertentu di antara sifat-sifat makroskopisnya, yaitu tekanan, volume, dan suhu.

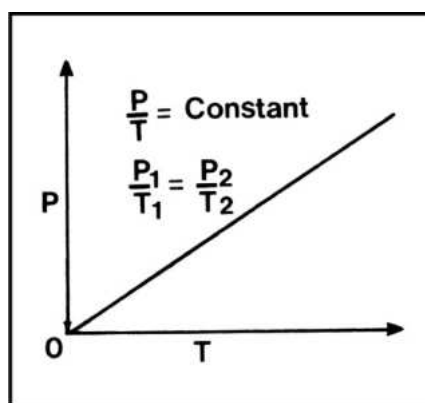
Adapun sifat-sifat gas ideal menurut McGuire dan White adalah sebagai berikut:

- 1) Gas ideal terdiri dari partikel-partikel yang disebut molekul dalam jumlah besar.
- 2) Setiap partikel gas selalu bergerak dengan arah acak.
- 3) Partikel gas terdistribusi merata dalam seluruh ruangan wadah.
- 4) Partikel gas mematuhi hukum Newton tentang gerak.
- 5) Ukuran partikel gas dapat diabaikan dibandingkan ukuran wadahnya.
- 6) Setiap tumbukan yang terjadi (baik antar molekul maupun antara molekul dengan dinding wadah) adalah tumbukan lenting sempurna dan terjadi dalam waktu sangat singkat.

Dalam praktiknya, tidak ada gas yang sepenuhnya memiliki karakteristik ini, tetapi pada suhu ruangan dan tekanan sedang, kebanyakan gas tak jauh mendekati perilaku ini. Hukum gas ideal mengatur hubungan antara tekanan mutlak (P), volume (V), dan suhu mutlak (T) untuk massa gas yang tetap. Berikut menurut para ahli mengenai hukum gas alam:

a) Hukum Boyle

Hukum Boyle menyatakan bahwa dalam ruangan tertutup, volume sejumlah massa gas akan berubah berbanding terbalik dengan tekanan, ketika suhunya konstan. Hasil kali tekanan dan volume gas pada suhu tetap adalah konstan. Pernyataan tersebut dapat diilustrasikan dalam gambar 2.4 dan dapat ditulis dalam persamaan sebagai berikut:



Gambar 2. 5 perbandingan volume dan suhu menurut hukum Charles

Sumber: Humaidi, A. H. (2009) Fisika SMA/MA Kelas XI

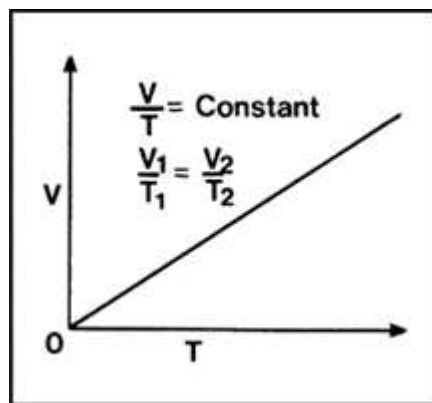
Keterangan :

P : *pressure*

T : *temperature*

b) Hukum Charles

Hukum Charles menyatakan bahwa jika tekanan gas dalam sebuah ruangan tertutup tetap konstan, maka suhu mutlak gas tersebut akan sebanding langsung dengan volumenya. Hal ini berarti bahwa jika gas didinginkan hingga mencapai suhu -273°C atau 0°K , volume gas tersebut akan mendekati nol. Oleh karena itu, suhu ini disebut sebagai nol mutlak, yang merupakan suhu terendah yang dapat dicapai oleh gas, dan menjadi dasar bagi skala suhu yang dikenal sebagai skala Kelvin atau skala mutlak. Penjelasan ini dapat digambarkan pada ilustrasi di gambar 2.5 dan dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut;



Gambar 2. 6 Perbandingan volume dan suhu menurut hukum Charles

Sumber: Humaidi, A. H. (2009) Fisika SMA/MA Kelas XI

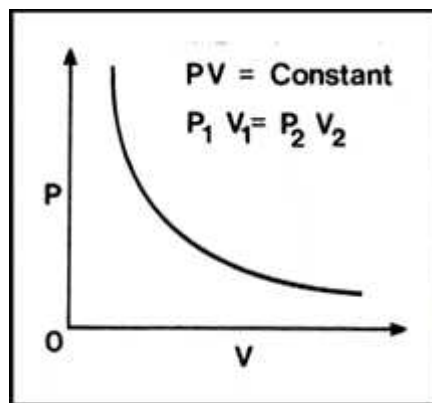
Keterangan :

V : *volume*

T : *temperature*

c) Hukum Gas Lussac

Hukum Gay-Lussac menyatakan bahwa tekanan suatu gas akan sebanding langsung dengan suhu absolutnya jika volumenya tetap konstan (isokhorik). Penjelasan ini dapat digambarkan pada ilustrasi di gambar 2.6 dan dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut.



Gambar 2. 7 Perbandingan tekanan dan suhu menurut hukum Charles

Sumber: Humaidi, A. H. (2009) Fisika SMA/MA Kelas XI

Keterangan :

P : *pressure*

V : *volume*

b. Hukum termodinamika

Hukum termodinamika merupakan prinsip dasar dalam fisika yang menjelaskan hubungan antara panas, kerja, dan energi dalam sistem termal. Dalam konteks analisis perubahan suhu dan tekanan uap pada muatan LNG (*Liquefied Natural Gas*) di kapal, pemahaman tentang hukum termodinamika sangat penting untuk menjelaskan fenomena seperti stratifikasi dan *rollover*. Bagian ini akan menguraikan hukum-hukum termodinamika yang relevan dengan penelitian ini, serta menyertakan sumber-sumber yang relevan. Hukum pertama termodinamika, dikenal juga

sebagai hukum kekekalan energi, menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, hanya dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lain. Dalam bentuk matematis, hukum ini dinyatakan sebagai:

$$\Delta U = Q - W$$

di mana:

ΔU = perubahan energi dalam sistem.(J)

Q = jumlah kalor yang diperlukan (J)

W = suhu yang dilakukan system (J)

Menurut Yunus A. Çengel dan Michael A. Boles dalam buku mereka "*Thermodynamics: An Engineering Approach*", hukum pertama termodinamika menjelaskan bahwa energi total dalam sistem tertutup tetap konstan, dan perubahan energi internal (ΔU) sama dengan energi yang ditambahkan dalam bentuk panas (Q) dikurangi kerja yang dilakukan oleh sistem (W) .

Dalam konteks LNG, hukum pertama termodinamika menjelaskan bahwa panas yang ditransfer ke dalam atau keluar dari LNG akan mengubah energi internalnya, yang berakibat pada perubahan suhu dan *density* LNG. Misalnya, saat LNG yang lebih dingin dimasukkan ke dalam tangki yang berisi LNG yang lebih hangat, energi panas dari LNG yang lebih hangat akan berpindah ke LNG yang lebih dingin, menyebabkan perubahan suhu dan *density* .

5. LNG Carrier

Menurut buku "*Liquefied Gas Handling Principles on Ship and in Terminal*" (LGHP Edisi ke-4, Bagian 4, 2016) yang ditulis oleh Bjorn Hojgaard dan Finn Becher, LNG Carrier adalah kapal yang dirancang khusus untuk mengangkut gas alam cair (LNG), seperti metana, pada kondisi suhu dan tekanan yang sangat rendah. Kapal jenis ini dibangun dengan spesifikasi khusus yang berbeda dari kapal biasa untuk memastikan penanganan aman terhadap gas cair yang mudah terbakar dan berbahaya tersebut.

a. Ciri khas LNG Carrier

Dalam buku "*Liquefied Gas Handling Principles on Ship and in Terminal*" (LGHP Edisi ke-4, Bagian 4, 2016) karya Bjorn Hojgaard dan Finn Becher, kapal LNG (*Liquefied Natural Gas*) memiliki beberapa ciri khas yang membedakannya dari kapal biasa. Ciri-ciri tersebut antara lain:

- 1) Kapal LNG dilengkapi dengan tangki penyimpanan yang dirancang khusus untuk menyimpan gas alam cair pada suhu *cryogenic* sekitar -162°C . Tangki-tangki ini biasanya terbuat dari bahan baja tahan karat atau paduan nikel untuk menahan suhu rendah dan meminimalkan kehilangan gas akibat *boil-off*.
- 2) Sistem isolasi yang canggih digunakan untuk mengurangi kehilangan energi dan menjaga suhu *cryogenic* dalam tangki. Sistem ini juga berfungsi untuk mengurangi risiko kebocoran dan menjaga keselamatan kapal.
- 3) Kapal LNG dilengkapi dengan sistem pemantauan tekanan dan suhu yang real-time untuk memastikan bahwa kondisi di dalam tangki tetap stabil dan aman. Ini termasuk teknologi untuk mengendalikan *boil-off* gas, yang merupakan gas yang menguap dari LNG yang disimpan.
- 4) Karena LNG adalah bahan yang sangat mudah terbakar dan berbahaya, kapal LNG dilengkapi dengan peralatan keselamatan khusus, termasuk sistem deteksi kebocoran, alat pemadam kebakaran, dan protokol darurat yang ketat.
- 5) Struktur kapal LNG dirancang untuk memberikan stabilitas yang optimal selama pengangkutan. Hal ini meliputi desain lambung kapal yang mampu menahan tekanan dari tangki *cryogenic* dan memastikan keselamatan selama operasi di laut.
- 6) Operasional kapal LNG memerlukan prosedur khusus yang mencakup pelatihan intensif untuk kru kapal mengenai penanganan LNG dan respons terhadap keadaan darurat. Proses pemuatan dan pembongkaran LNG dilakukan dengan langkah-langkah yang sangat teratur dan diawasi ketat untuk memastikan keselamatan dan efisiensi.

- 7) Regulasi dan Kepatuhan Internasional: Kapal LNG harus mematuhi regulasi internasional yang ketat seperti konvensi SOLAS (*Safety of Life at Sea*) dan MARPOL (*Marine Pollution*). Kepatuhan terhadap regulasi ini memastikan bahwa operasi pengangkutan LNG dilakukan dengan standar keselamatan dan perlindungan lingkungan tertinggi.

b. Tipe *LNG Carrier*

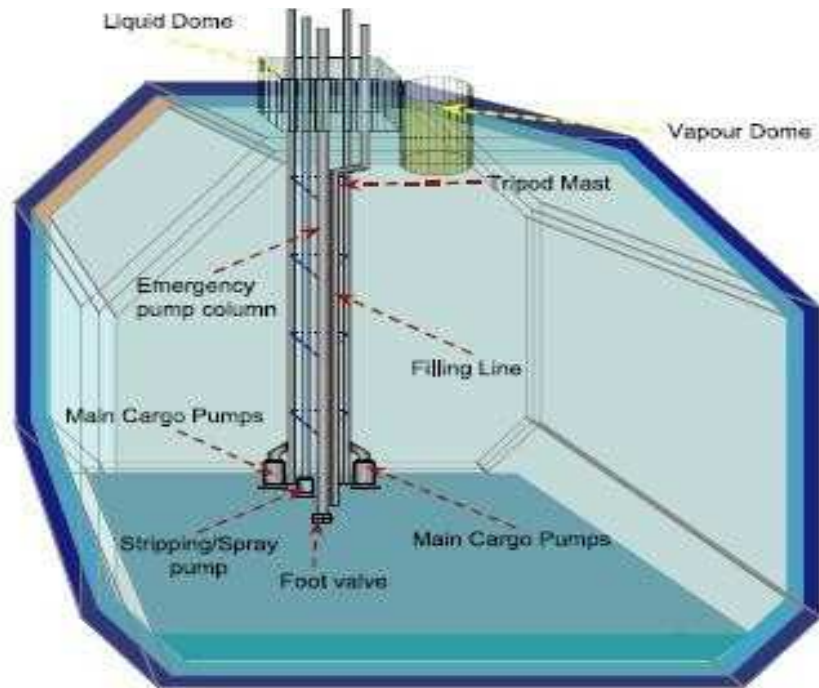
Dalam buku "*Liquefied Gas Handling Principles on Ship and in Terminal*" (LGHP Edisi ke-4, Bagian 4, 2016) karya Bjorn Hojgaard dan Finn Becher, berbagai tipe kapal LNG (*Liquefied Natural Gas*) carrier diuraikan berdasarkan desain dan teknologi yang digunakan untuk pengangkutan LNG. Beberapa tipe utama kapal LNG carrier yang disebutkan meliputi:

1) Kapal dengan Tangki Bola (*Spherical Tanks*):

Tangki bola, atau dikenal sebagai tangki Moss Rosenberg, memiliki bentuk bola yang khas dan dibuat dari baja tahan karat. Desain tangki ini memberikan kekuatan struktural yang tinggi dan memungkinkan penyimpanan LNG pada tekanan rendah. Tangki ini terletak di dalam lambung kapal, terpisah dari dinding lambung untuk memberikan perlindungan tambahan.

2) Kapal dengan Tangki Membran (*Membrane Tanks*):

Kapal LNG dengan tangki membran menggunakan tangki penyimpanan yang dilapisi oleh membran tipis, biasanya terbuat dari baja nikel atau bahan paduan lainnya, yang menahan suhu *cryogenic*. Tangki ini didukung oleh struktur isolasi yang efisien dan sistem pendukung yang menjaga kestabilan suhu. Kapal dengan tangki membran, seperti LNG/C TRIPUTRA, menggunakan desain tangki GTT MARK III yang memberikan efisiensi ruang dan stabilitas termal yang tinggi.



Gambar 2. 8 *Membrane Tanks*

Sumber MOL Gas Tanker Familiarization Course.

c. Desain dan Konstruksi Kapal S.S Triputra

Kapal S.S Triputra merupakan kapal dengan tangki membrane dengan menggunakan tangki dari GTT mark III yang terbuat dari *stainless steel* dengan bentuk seperti “wafel” dengan ketebalan 1,2 mm. GTT mark III memiliki keunggulan dalam kapasitas muat yang lebih besar, efisiensi ruang yang lebih baik dibandingkan dengan kapal dengan tangki bola, stabilitas termal dan struktural yang tinggi. Tangki ini juga dilengkapi isolasi ganda yaitu isolasi primer (*interbarrier space*) dan isolasi sekunder (*insulation space*) untuk menghindari dari terjadinya kebocoran gas pada tangki muatan.



Gambar 2. 9 Bagian dalam *Membrane Tank* S.S Triputra

Sumber dokumentasi kapal

d. *Compressor* di S.S triputra

Dalam buku “*Instruction Manual for Cargo Handling LNG Triputra*” Kompresor pada kapal S.S Triputra berfungsi untuk mengatur tekanan uap yang dihasilkan oleh LNG yang menguap (*boil-off gas*). Kompresor ini dapat menyalurkan gas ke kamar mesin untuk digunakan sebagai bahan bakar atau dikembalikan ke tangki setelah melalui proses *reliquefaction*. Di atas kapal triputra terdapat low duty dan high duty compressor:

1) *Low duty compressor*

Fungsi utama dari *low duty compressor* berfungsi untuk menangani *boil-off* yang dihasilkan saat suhu muatan LNG meningkat. Gas ini dikompresi pada tekanan tinggi dan dikirim ke sistem pipa menuju kamar mesin. Proses Gas yang dikumpulkan dari tangki LNG dikompresi hingga mencapai tekanan yang cukup tinggi untuk digunakan sebagai bahan bakar di mesin utama atau generator

2) *High duty compressor*

Kompresor *low duty* berfungsi untuk menangani gas *boil-off* dalam jumlah lebih kecil atau pada saat tekanan dalam tangki tidak terlalu tinggi. Proses Gas dikompresi pada tekanan yang lebih rendah dibandingkan dengan kompresor *high duty* dan juga dikirim ke sistem pipa menuju kamar mesin. Kemudian Pemanfaatan Bahan Bakar

e. Alat ukur suhu S.S Triputra

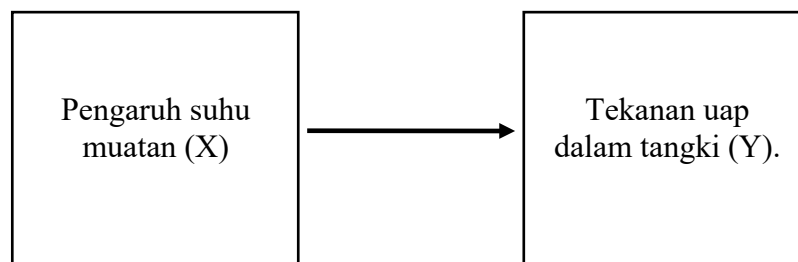
Dalam buku “*Instruction Manual for Cargo Handling LNG Triputa*” alat pemantauan khusus untuk mengukur level, suhu, dan tekanan muatan LNG untuk memaksimalkan pemantauan muatan secara terus menerus, berikut alat ukur yang telah dipasang di atas kapal S.S Triputra:

- 1) *Temperature sensor* untuk mengukur suhu muatan dalam tangki, yang terpasang di setiap tangki pada bagian bawah, tengah, dan atas tangki. *Temperature sensor* ini dapat dipantau dari *cargo control room*
- 2) *Vapour pressure transmitter* untuk mengukur tekanan uap dalam tangki yang terpasang di setiap *gas dome*
- 3) *Float gauge* untuk mengukur level dalam tangki yang terpasang di setiap *liquid dome*
- 4) *Cargo tank level* sebuah sensor yang dipasang di dalam tangki untuk mengukur level tangki, *cargo tank level* ini dapat dipantau dari *cargo control room*

C. KERANGKA PEMIKIRAN

Kerangka pemikiran adalah suatu model konseptual tentang hubungan yang diprediksikan antara variabel yang telah diidentifikasi sebagai masalah yang penting (Sugiyono, 2021). Penelitian ini menjelaskan hubungan sebab akibat dari variabel bebas (*independent*) dengan variabel terikat (*dependent*) Kerangka pemikiran adalah suatu konsep dari penelitian yang menyajikan hubungan antara variabel yang akan terjadi dan diperoleh dari penjabaran tujuan pustaka. Penelitian ini menjelaskan tentang apakah ada pengaruh perubahan suhu terhadap tekanan uap

pada tangki muatan LNG. Agar dapat memahami alur pikir penelitian ini perlu adanya kerangka pemikiran yang jelas.



Gambar 2. 10 kerangka pemikiran

Dijelaskan disini bahwa variabel X yaitu variabel bebas (*independent variabel*) merupakan variabel yang memiliki pengaruh atas perubahan yang terjadi pada variabel lainnya. Suatu perubahan yang terjadi pada suatu variabel dianggap disebabkan oleh variabel bebas. Variabel Y yaitu variabel terikat (*dependent variabel*) merupakan variabel terikat berarti variabel yang dipengaruhi oleh variabel lainnya. Variabel ini keberadaannya dianggap suatu akibat dari adanya variabel bebas.

D. HIPOTESIS

Hipotesis adalah jawaban sementara atas suatu masalah penelitian yang masih bersifat praduga karena harus dibuktikan kebenarannya (Sugiyono, 2021). Dalam penelitian ini, penulis menggunakan hipotesis diduga terdapat ada pengaruh perubahan suhu muatan terhadap tekanan uap pada tangki muatan. Maka penulis mendapatkan hipotesis yaitu sebagai berikut:

- H0 : Tidak terdapat pengaruh pada suhu muatan (X) terhadap tekanan uap dalam tangki (Y).
- H1 : Terdapat pengaruh pada suhu muatan (X) terhadap tekanan uap dalam tangki (Y).

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah cara untuk menemukan, mengembangkan, dan menguji kebenaran prinsip-prinsip fenomena alam, masyarakat, atau kemanusiaan berdasarkan disiplin ilmu terkait secara ilmiah. Pada dasarnya, metode penelitian merupakan cara ilmiah yang digunakan untuk mendapatkan data dalam penelitian dengan tujuan dan kegunaan tertentu, serta dengan metode yang sesuai.

Berdasarkan penjelasan tersebut, peran penting metodologi penelitian dapat diidentifikasi sebagai sarana untuk menyajikan hasil dari seluruh studi dan penelitian yang dilakukan selama peneliti melaksanakan praktek laut di atas kapal. Hal ini mencakup penjelasan mengenai apa yang dilakukan dan bagaimana penelitian dilaksanakan dalam penyusunan skripsi ini. Penulis juga akan menguraikan secara rinci tentang waktu dan tempat penelitian, serta metode yang digunakan dalam penelitian tersebut. Dengan demikian, pada bab ini, penulis bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai proses penelitian yang telah dilakukan, sehingga pembaca dapat memahami hasil penelitian dengan lebih jelas.

A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

1. Waktu Penelitian

Dalam mengumpulkan data dan informasi terperinci, penulis melakukannya selama penelitian praktek laut di atas kapal S.S Triputra, sebuah kapal pembawa gas berbendera Indonesia. Penelitian ini berlangsung selama kurang lebih 12 bulan, dengan rute pelayaran dari Patimban, Indonesia menuju Bali, Indonesia.

2. Tempat dan Profil Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di atas kapal S.S TRIPUTRA. Kapal ini dimiliki oleh perusahaan pelayaran asing asal Jepang yang bekerja sama dengan perusahaan nasional untuk membentuk PT. HUMOLCO LNG INDONESIA. Berikut adalah data-data kapal sebagai tempat penelitian dijelaskan dalam data sebagai berikut:

Nama kapal	: S.S TRIPUTRA
Nama panggilan	: YBLD2
Nomor IMO	: 9187356
Nomor MMSI	: 525020429
Pemilik	: PT. BHASKARA INTI SAMUDERA
Pembangun	: Tsu Works, NKK COPORATION
Kebangsaan	: INDONESIA
Pelabuhan terdaftar	: JAKARTA
Tahun pembuatan	: 2000
Tempat pembuatan	: Tsu, Jepang
Jenis kapal	: LNG Carrier
Klasifikasi	: NK
Berat kotor	: 20017
Berat bersih	: 6005 T
DWT	: 12493 T
L.O.A	: 151.03 m
L.B.P	: 143.50 m
Lebar	: 28.00 m
Kedalaman	: 16 m
Sarat kapal	: 7.060 m
Kecepatan	: 10.0 knots
Jenis tanki muatan	: GTT Mark III Membrane System
Jenis Muatan	: <i>Liquefied Natural Gas</i> (LNG)
Kapasitas muatan	: 22500 m ³
Jumlah tanki muatan	: 3

B. METODE PENDEKATAN

Menurut Sugiyono (2020), penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang berdasarkan pada data yang sah (valid), yang digunakan untuk meneliti populasi atau sampel tertentu. Pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian yang terstruktur, dan analisis data bersifat kuantitatif atau statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan. Sugiyono menekankan bahwa penelitian kuantitatif haruslah objektif dan menggunakan data numerik untuk memberikan penjelasan tentang fenomena yang diteliti.

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan jenis metode korelasional. Menurut Creswell & Creswell (2021), penelitian kuantitatif korelasional adalah pendekatan yang menggunakan metode statistik untuk mengukur dan menganalisis hubungan antara dua variabel atau lebih. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh perubahan suhu muatan LNG terhadap tekanan uap pada *Liquid cargo tanks* LNG.

1. SUMBER DATA

Untuk mengumpulkan data dan informasi yang diperoleh dalam penelitian ini, penulis menggunakan data sekunder. Menurut Sugiyono (2020), data sekunder adalah data yang tidak langsung diberikan kepada pengumpul data, tetapi didapatkan melalui pihak lain atau dokumen yang sudah tersedia.

Sumber data dalam penulisan skripsi ini diperoleh dari beberapa sumber, sebagai berikut:

a. Buku, dokumen, dan *finish plan* sebagai berikut:

- 1) *MOL Gas Tanker Familiarization Course*.
- 2) *MOL Gas Tanker Advance Course*.
- 3) *The International Code for Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases In Bulk (IGC Code)*.
- 4) *International Safety Guide for Oil Tankers & Terminals*.
- 5) *Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals*
- 6) *Cargo Operation Manual LNG/C TRIPUTRA*.

- b. Pengamatan dan pencatatan selama berlayar dapat di pantau pada *Cargo Control Room* (CCR) dengan melihat pada:
- 1) *Pressure monitor* pada monitor *cargo control room*.
 - 2) *Temperature monitor* pada monitor *cargo control room*.
 - 3) Pencatatan pada *Cargo Monitoring Record*, *Cargo Tank Temperature*, *Port log*, *custody transfer measurement data (opening CTM & closing CTM)*. Kemudian setelah dilakukan pencatatan lalu data tersebut di cetak.

2. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Untuk menyelesaikan masalah yang diajukan dalam penelitian ini, diperlukan data dan informasi yang lengkap, objektif, serta dapat dipertanggungjawabkan. Data dan informasi tersebut penting agar dapat diolah dan disajikan menjadi gambaran yang jelas dan bernilai. Oleh karena itu, penulis melakukan pengumpulan data dan informasi menggunakan teknik-teknik pengumpulan data sebagai berikut:

a. Observasi

Menurut Widoyoko (2014:46), observasi adalah "pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap unsur-unsur yang nampak dalam suatu gejala pada objek penelitian." Sugiyono (2014:145) menyatakan bahwa "observasi merupakan suatu proses yang kompleks, terdiri dari berbagai proses biologis dan psikologis." Riyanto (2010:96) mengartikan observasi sebagai metode pengumpulan data melalui pengamatan langsung atau tidak langsung. Berdasarkan penjelasan para ahli tersebut, dapat disimpulkan bahwa observasi adalah metode penelitian yang melibatkan pengamatan dan pencatatan berbagai proses biologis dan psikologis secara langsung maupun tidak langsung pada suatu gejala di objek penelitian. Dalam konteks ini, observasi dilakukan untuk mendapatkan gambaran tentang peningkatan tekanan uap pada *liquid cargo tanks* selama pelayaran. Teknik ini melibatkan pengamatan visual langsung terhadap berbagai indikator suhu dan tekanan uap pada *liquid cargo tanks* , baik

secara langsung maupun melalui komputer di *Cargo Control Room* (CCR).

b. Studi Dokumentasi

Dokumentasi merupakan teknik pengumpulan data yang melibatkan pengumpulan dan pencatatan semua informasi yang relevan dengan masalah yang sedang diteliti. Teknik ini sangat penting dalam penelitian kuantitatif karena menyediakan data tambahan yang dapat memperkuat analisis dan temuan penelitian. Sugiyono (2020:476) mendefinisikan dokumentasi sebagai metode untuk memperoleh data dan informasi dalam bentuk buku, arsip, dokumen, tulisan, angka, dan gambar yang berupa laporan serta keterangan yang dapat mendukung penelitian. Dokumen adalah catatan peristiwa yang telah terjadi, yang bisa berupa tulisan, gambar, atau karya monumental dari seseorang. Contoh dokumen tulisan termasuk catatan harian, sejarah kehidupan (*life histories*), biografi, dan peraturan kebijakan. Studi dokumen berfungsi sebagai pelengkap dari metode observasi, meningkatkan kepercayaan atau kredibilitas data ketika didukung oleh foto-foto atau karya tulis akademik yang sudah ada. Namun, tidak semua dokumen memiliki tingkat kredibilitas yang tinggi.

c. Studi Pustaka

Menurut, Sugiyono (2020) menjelaskan bahwa studi pustaka adalah proses pengumpulan data dan informasi dari berbagai literatur atau sumber informasi lain yang terkait dengan kajian teoritis serta nilai, budaya, dan norma yang berkembang dalam situasi sosial yang diteliti. Teknik ini digunakan untuk merumuskan pembahasan agar hasil penelitian dapat dibandingkan dengan sumber bacaan yang ada, dan data yang dikumpulkan dapat menjadi referensi dalam pembuatan skripsi. Teknik ini bertujuan untuk digunakan sebagai kerangka berpikir dalam merumuskan pembahasan, sehingga hasilnya bisa dibandingkan dengan sumber bacaan yang telah ada. Informasi yang diperoleh dari berbagai sumber tersebut nantinya akan menjadi referensi dalam penyusunan skripsi ini. Materi-materi yang telah dikumpulkan relevan dengan topik yang penulis bahas,

sehingga akan memudahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Langkah penting ini terjadi setelah peneliti menetapkan topik penelitiannya dan bertujuan untuk mengumpulkan informasi terkait permasalahan yang diteliti. Studi pustaka dilakukan dengan merujuk kepada *Manual Book* serta berbagai buku yang tersedia di kapal dan perpustakaan Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran untuk memperoleh data yang relevan.

C. TEKNIK ANALISIS DATA

Menurut Sugiyono (2020), analisis data adalah proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari hasil penelitian dengan cara mengorganisasikan data ke dalam kategori, menjabarkan ke dalam unit-unit, melakukan sintesa, menyusun ke dalam pola, memilih mana yang penting dan yang tidak penting, dan membuat kesimpulan.

1. Uji Homogenitas

Uji homogenitas digunakan untuk menguji apakah data memiliki varians yang sama atau tidak, dengan kata lain homogen atau tidak. Apabila hasil uji menunjukkan bahwa data homogen, maka semua kelompok memiliki varians yang serupa. Sebaliknya, hasil yang tidak homogen menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam penyebaran data antar kelompok. Untuk uji homogenitas data mengacu pada penghitungan *Levene Statistic* hasil *output* dari SPSS. Uji homogenitas adalah sebagai berikut:

- a. jika nilai *Sig.* atau *p-value* > 0.05 maka data homogen.
- b. Jika nilai *Sig.* atau *p-value* < 0.05 maka data tidak homogen.

2. Analisis Koefisien Korelasi (Uji Korelasi)

Uji korelasi digunakan untuk menemukan seberapa erat hubungan antara variabel independen (x) dan variabel dependen (y). sehingga dapat dilakukan pengujian korelasi menggunakan aplikasi seperti SPSS versi 29 atau menggunakan rumus sebagai berikut:

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Keterangan :

r : koefisien korelasi

n : banyaknya data

x : variabel independen (variabel bebas)

y : variabel dependen (variabel tak bebas)

Hubungan yang ada antara variabel X dan Y dinyatakan dalam nilai yang besarnya berkisar antara berkisar $-1 < r < 1$ yang berarti:

Bila $r > -1$ maka hubungan antara variabel sangat kuat dan negatif. Bila $r < 1$ maka hubungan antara dua variabel sangat kuat dan positif. Bila $r = 0$ maka kedua variabel tidak berkorelasi

Penafsiran akan besarnya koefisien korelasi yang umum digunakan antara lain:

Tabel 3. 1 Tabel interpretasi koefisien korelasi

Interval koefisien	Tingkat hubungan
0.00 - ≤ 0.20	Hubungan tidak ada korelasi
0.21 - ≤ 0.40	Hubungan tidak erat / lemah
0.41 - ≤ 0.60	Hubungan sedang
0.61 - ≤ 0.80	Hubungan erat dan kuat
0.81 - ≤ 1.00	Hubungan sangat erat dan kuat / sempurna

Sumber : Sugiyono (2017:184)

3. Analisis Koefisien Penentu atau Determinasi (r^2)

Koefisien determinasi adalah ukuran yang menunjukkan sejauh mana hubungan antara dua atau lebih variabel, dinyatakan dalam bentuk persentase. Ini mengindikasikan seberapa besar variasi dalam variabel Y dapat dijelaskan oleh variasi dalam variabel X, atau dengan kata lain, seberapa besar kontribusi X terhadap Y. Nilai koefisien determinasi dapat dihitung menggunakan aplikasi seperti SPSS atau dengan menggunakan rumus berikut:

$$KD = r^2 \times 100\%$$

Keterangan :

KD : Koefisien determinasi

r : Koefisien korelasi X dan Y

4. Uji Hipotesis

Menurut Sugiyono (2018) definisi hipotesis adalah sebagai berikut “Menurut Sugiyono, hipotesis adalah pernyataan sementara yang dibuat untuk menjelaskan fenomena atau masalah yang sedang diteliti, yang kebenarannya perlu diuji secara empiris. Hipotesis berfungsi sebagai panduan dalam penelitian, memberikan arahan untuk pengumpulan data, analisis, dan interpretasi hasil penelitian.”

a. Uji Regresi Linear Sederhana

Analisis regresi linear sederhana digunakan untuk menilai pengaruh atau hubungan linear antara satu variabel independen dan satu variabel dependen. Dalam uji regresi linear sederhana menggunakan aplikasi SPSS.29, adana pengaruh atau tidaknya variabel X terhadap variabel Y berdasarkan:

- 1) Jika nilai signifikansi $< 0,05$, artinya variabel (X) berpengaruh terhadap variabel (Y).
- 2) Jika nilai signifikansi $> 0,05$, artinya variabel (X) tidak berpengaruh terhadap variabel (Y).

b. Uji Parsial (Uji t)

Proses ini dilakukan untuk menguji kebenaran hipotesis yang telah diajukan oleh penulis. Uji t digunakan untuk menentukan apakah terdapat pengaruh yang signifikan dari variabel independen (X) terhadap variabel dependen (Y). Menurut Sugiyono (2017:187) merumuskan:

$$t_0 = t_{hitung}$$

$$t_0 = \frac{r\sqrt{n-2}}{1-r^2}$$

Keterangan :

t : Distribusi t

r : koefisien korelasi parsial

r² : koefisien korelasi

n : jumlah data

Uji t dilakukan dengan membandingkan nilai t-Hitung dengan nilai t-Tabel. Langkah – langkah untuk uji t adalah sebagai berikut:

- 1) Menetapkan hipotesis yang akan diuji. Hipotesis yang digunakan oleh penulis adalah sebagai berikut:

H0 : tidak ada pengaruh antara suhu muatan (X) terhadap tekanan uap tangki (Y)

H1 : ada pengaruh antara suhu muatan (X) terhadap tekanan uap tangki(Y).

- 2) Menentukan tingkat signifikansi ($\alpha = 5\%$ atau 0,05).
- 3) Menentukan nilai t-Hitung dengan aplikasi SPSS.29.
- 4) Menentukan nilai t-Tabel dengan rumus $t = n - k - 1$.
- 5) Menentukan daerah keputusan:

a) Apabila signifikansi < dari 0,05 dan t-hitung > t-tabel, maka H0 ditolak dan H1 diterima, artinya suhu muatan (X) berpengaruh terhadap tekanan uap di dalam tangki (Y) secara signifikan.

b) Apabila signifikansi > dari 0,05 dan t-hitung < t-tabel maka H0

diterima dan H_1 ditolak, artinya suhu muatan (X) berpengaruh terhadap tekanan uap di dalam tangki (Y) secara signifikan.

Tingkat signifikansi (α) 5% atau 0,05 menunjukkan besarnya probabilitas atau kemungkinan terjadinya kesalahan dalam pengambilan keputusan. Jika pengujian dilakukan dengan tingkat signifikansi 0,05, berarti ada peluang kesalahan maksimal sebesar 5%. Dengan kata lain, kita bisa yakin bahwa 95% dari keputusan yang diambil adalah benar.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA

Tujuan deskripsi data dalam penelitian kuantitatif adalah untuk memberikan informasi yang komprehensif tentang data yang dikumpulkan, memungkinkan peneliti untuk memahami dan menafsirkan data secara lebih akurat. Deskripsi ini dapat diselesaikan dengan cara yang naratif atau dengan menggunakan tabel yang menyajikan data secara akurat. Deskripsi data sangat penting untuk penelitian kuantitatif karena membantu peneliti mengevaluasi kualitas dan validitas data dan memungkinkan untuk menggunakan data dalam aplikasi

1. Deskripsi Tambahan Kapal S.S Triputra

S.S TRIPUTRA melakukan pelayaran dengan mengangkut muatan LNG dari kapal FSRU Jawa satu, Patimban, Jawa Barat secara *ship to ship* dan melakukan bongkar muatan di FSRU Karunia Dewata, Benoa, Bali, secara *ship to ship*, yang sebagaimana didistribusikan muatan tergantung dari permintaan pencarter PT. Pelindo Energi Logistik (PEL). Pengangkutan LNG untuk wilayah Bali merupakan proyek yang sudah berjalan dimulai sejak awal tahun 2016 dengan tujuan untuk pembangkit listrik (*power generation*) khususnya di bagian Bali Selatan.

Kapal S.S Triputra merupakan tipe kapal *fully refrigerated* (kapal berpendingin penuh), *fully refrigerated* adalah jenis kapal yang dirancang untuk mengangkut gas cair pada suhu yang sangat rendah dengan tekanan yang relatif rendah. Tiga Tangki muatan yang digunakan oleh kapal S.S Triputra adalah sebuah tangki yang berbentuk *membrane type* dan mempunyai maksimal tekanan operasional 25 KPa. Tangki ini terbuat dari *cryogenic steel*

yang tahan

terhadap temperatur rendah dan sanggup untuk memuat pada suhu mencapai -178°C . Kapal S.S Triputra memiliki maksimum kapasitas muat berukuran 23.000m^3 , Lapisan utama dari sistem ini adalah membran baja tahan karat yang sangat tipis (memiliki ketebalan 1.2 mm) yang bertindak sebagai penghalang utama untuk LNG. Membran ini fleksibel dan dirancang untuk menahan gerakan termal yang terjadi akibat perubahan suhu.. Untuk menunjang proses pengoperasiannya kapal ini tentunya didukung juga oleh Sumber Daya Manusia (SDM) yang ada di dalamnya, dan diikuti dengan data rencana rute pelayaran setiap perpindahan dari satu tempat ke tempat lain, Penjelasannya sebagai berikut:

a. Kru Kapal S.S Triputra

S.S Triputra beroperasi dengan 33 awak kapal, terdiri dari Nahkoda (*Master*) sebagai penanggung jawab kapal, dan Kepala Kamar Mesin atau biasa disebut KKM (*chief engineer*) sebagai penanggung jawab kamar mesin, didukung oleh 5 Mualim (*officer*), 4 Masinis (*engineer*), 1 *Gas Engineer*, 1 Kepala Klasi (*boatswain*), 5 *Able Bodied Seaman* (AB) atau Jurumudi, 1 *Ordinary Seaman* (OS) atau Klasi, 1 Mandor Mesin (*fitter*), 5 Juru Minyak (*oiler*), 2 Wiper, 1 kepala juru Masak (*chief cook*), 2 juru masak (*cook*), 1 Pelayan (*messman*), 1 *Deck Cadet*, dan 1 *Engine Cadet*. Berikut adalah *crew list* dari kapal S.S Triputra dapat dilihat pada lampiran.

b. Rute Pelayaran S.S Triputra

S.S Triputra adalah salah satu armada kapal yang mengangkut muatan LNG (*Liquefied Natural Gas*) ke berbagai penjuru dunia, termasuk benua Asia, Eropa, dan Amerika. Namun, selama penulis melakukan praktek laut, kapal ini beroperasi di perairan Indonesia. Rute pelayaran S.S Triputra untuk kegiatan loading berada di kapal FSRU Jawa Satu di Subang, Jawa Barat, dan discharging di kapal FSRU Karunia Dewata di Benoa, Bali. Selama praktek laut, proses loading dan discharging selalu dilakukan secara *ship to ship*, baik di FSRU Jawa Satu maupun di FSRU

Karunia Dewata. Pada bulan November 2022, terjadi dua peristiwa *rollover* selama pelayaran S.S Triputra.

Peristiwa pertama terjadi pada tanggal 10 November 2022, S.S Triputra memulai proses pemuatan LNG di FSRU Jawa Satu dengan *security level* 1 pada koordinat 06°09.2' S dan 107°55.9' E pukul 09:00 waktu setempat. Kapal siap memuat muatan LNG sesuai dengan *bill of loading* sebanyak 22.395 m³ dengan suhu muatan -159,1°C dan *density* 432,15 kg/m³. Sebelum pemuatan dimulai, S.S Triputra memiliki total sisa muatan atau *heel* sebesar 108.752 m³ dengan suhu rata-rata dari ketiga tangki -158,6°C dan tekanan 11,2 kPa.

Proses pemuatan memakan waktu 22 jam dengan laju pengisian sebesar 1000 m³ per jam. Setelah pemuatan selesai, total muatan LNG di atas kapal mencapai 22.503,708 m³ dengan suhu -159,1°C dan tekanan uap 19,2 kPa. Kapal kemudian berlayar menuju Benoa, Bali, yang memakan waktu perjalanan selama tiga hari. Pada proses bongkar di FSRU Karunia Dewata dengan koordinat 08°42' S dan 115°20' E, suhu rata-rata muatan LNG di kapal sebesar -159,4°C dengan tekanan 15,7 kPa.

Peristiwa kedua terjadi pada tanggal 22 November 2022, S.S Triputra kembali memulai proses pemuatan LNG di FSRU Jawa Satu dengan *security level* 1 pada koordinat 06°09.2' S dan 107°55.9' E pukul 09:30 waktu setempat. Kapal siap memuat muatan LNG sesuai dengan *bill of loading* sebanyak 22.413 m³ dengan suhu muatan -158,9°C dan *density* 430,99 kg/m³. Sebelum pemuatan dimulai, S.S Triputra memiliki total sisa muatan atau *heel* sebesar 85.004 m³ dengan suhu rata-rata dari ketiga tangki -159,1°C dan tekanan 11,2 kPa.

Proses pemuatan juga memakan waktu 22 jam dengan laju pengisian sebesar 1000 m³ per jam. Setelah pemuatan selesai, total muatan LNG di atas kapal mencapai 22.497,660 m³ dengan suhu -159,1°C dan tekanan uap 9 kPa. Kapal kemudian berlayar menuju Benoa, Bali, dengan waktu perjalanan selama tiga hari. Pada proses bongkar di FSRU Karunia Dewata, suhu rata-rata muatan LNG di kapal sebesar -159,4°C dengan tekanan uap 14,6 kPa.

Dalam kedua perjalanan ini terjadi peristiwa *rollover* yang menyebabkan terjadinya kenaikan suhu secara mendadak dikarenakan

perbedaan *density* sehingga menyebabkan stratifikasi dalam tangki.

2. Deskripsi tambahan muatan *Methane*

LNG (*Liquified Natural Gas*) adalah kumpulan senyawa gas hidrokarbon yang berada dalam bentuk cair. Pada dasarnya, senyawa ini berbentuk gas pada kondisi atmosfer. Akan tetapi, karena telah mengalami penurunan suhu dan penambahan tekanan, maka senyawa tersebut akan berubah wujud menjadi cair. Oleh karena itu, kumpulan senyawa ini disebut dengan LNG atau gas alam cair. LNG adalah gas bumi yang telah melalui proses pencairan dengan komponen utama yang berupa metana (CH_4). LNG dapat berasal dari proses pendinginan dari kondensasi gas bumi dari kilang minyak bumi. Proses dalam mengolah gas bumi menjadi LNG yaitu absorpsi dan kriogenik. Metana adalah senyawa hidrokarbon alkana rantai lurus dengan penyusun satu atom karbon dengan terikat dengan empat atom *hydrogen* dengan formula kimia CH_4 , berbentuk gas tidak berwarna, dan tidak berbau. Senyawa ini memiliki titik didih yang sangat rendah yaitu -161.5°C . Metana diperoleh dari hasil penyulingan minyak alam dan pemrosesan gas alam. Biasanya Metana didistribusikan dalam bentuk gas cair bertekanan melalui pipa-pipa dan disimpan dalam wadah silinder atau tangki-tangki besar. Metana bersifat sangat mudah terbakar (*extremely flammable gas*). Berat jenis metana lebih ringan dibandingkan dengan udara yang menandakan bahwa metana akan berada di atas udara pada ruang yang sama. Selain itu, metana juga bersifat sebagai gas yang dapat diubah menjadi bentuk cair dengan cara disimpan dalam tangki silinder bertekanan. Pemberian tekanan pada tangki ini mengubah gas metana menjadi bentuk cair, memungkinkan penyimpanan dan pengangkutan yang lebih efisien.

B. ANALISIS DATA

Berdasarkan deskripsi data yang ada, penulis dapat mengetahui penyebab dari permasalahan yang terjadi. Pada pembahasan selanjutnya penulis akan memaparkan analisis terhadap permasalahan yang ada pada deskripsi data di atas yang bertujuan untuk mengidentifikasi pemecahan masalah dengan melakukan peninjauan dan perbandingan dengan teori-teori serta teknik-teknik yang ada.

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan suhu muatan terhadap tekanan uap muatan pada *Liquid cargo tanks*, penulis mengambil sampel berupa data suhu dan tekanan uap pada *Liquid cargo tanks*. Data ini diambil dari ketiga tangki di atas kapal dan dijadikan rata-rata untuk setiap empat jam selama pelayaran dari Patimban menuju Bali. Pengambilan data dilakukan secara berkala saat terjadi peristiwa *rollover*, sehingga analisis yang dilakukan dapat memberikan gambaran yang akurat tentang hubungan antara suhu dan tekanan uap LNG selama pelayaran.

Penulis memutuskan untuk mengambil data berupa perubahan suhu (X), tekanan uap muatan LNG pada *liquid cargo tanks* (Y). Data yang digunakan digabungkan menjadi satu meskipun terdapat perbedaan tanggal pengambilan data. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan analisis yang lebih komprehensif dan representatif. Penggabungan data ini memungkinkan penulis untuk memanfaatkan seluruh informasi yang tersedia dan mengidentifikasi pola-pola yang mungkin tidak terlihat jika data dianalisis secara terpisah. Berikut ini adalah perincian dari analisis terhadap permasalahan yang ada:

Tabel 4. 1 Data rata-rata suhu dan rata-rata tekanan uap pada liquid cargo tanks saat kejadian rollover

Tanggal/Waktu		<i>Ave. tank pressure</i>	<i>Ave. Temperature</i>
08-Nov	15:49	19,17	-158,743
	20:00	21,8	-158,678
09-Nov	00:00	19,19	-158,939
	04:00	16,69	-159,072
	08:00	15,79	-159,108
	12:00	15,44	-159,147
	16:00	15,31	-159,178
	20:00	14,28	-159,213
10-Nov	00:00	14,13	-159,239
	04:00	13,96	-159,268
	08:00	13,61	-159,302
	12:00	12,97	-159,333
	16:00	13,08	-159,363
	20:00	12,8	-159,394
11-Nov	00:00	12,63	-159,401
	04:00	12,61	-159,451

	08:00	16,42	-159,468
	12:00	14,71	-159,458
	15:04	15,67	-159,438
22-Nov	15:30	19,28	-158,923
	20:00	19,29	-158,903
23-Nov	00:00	23,11	-158,421
	04:00	18,63	-159,039
	08:00	16,29	-159,069
	12:00	15,77	-159,11
	16:00	16,17	-159,13
	20:00	14,9	-159,167
24-Nov	00:00	14,59	-159,197
	04:00	14,29	-159,237
	08:00	13,56	-159,272
	12:00	13,5	-159,308
	16:00	13,08	-159,331
	20:00	12,8	-159,373
25-Nov	00:00	12,63	-159,408
	04:00	12,61	-159,448
	08:00	16,42	-159,458
	12:00	14,71	-159,444
	12:58	14,6	-159,443

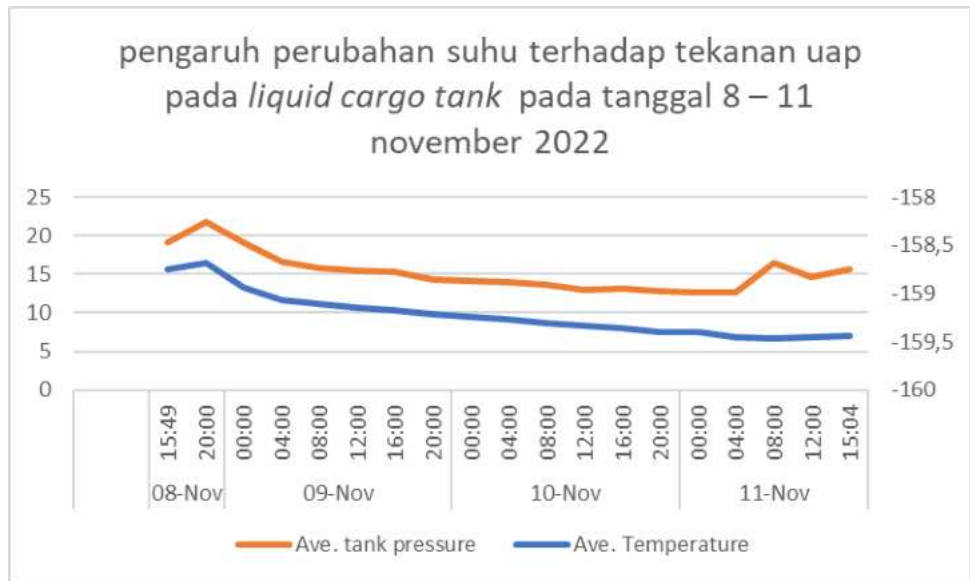
Keterangan :

 = *high pressure* (20 – 25 KPa)

 = *normal pressure* (3,5 – 20 KPa)

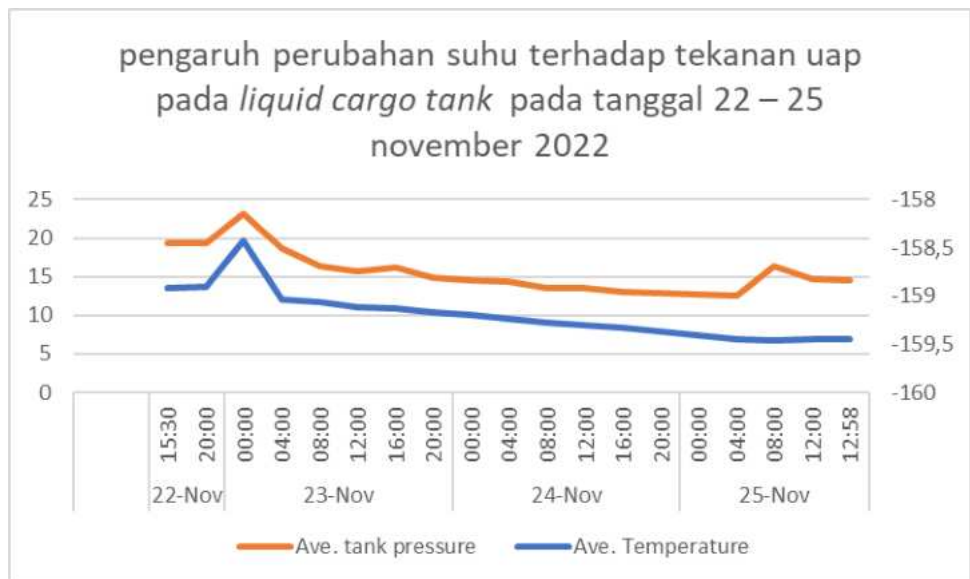
 = *low pressure* (0 – 3,5 KPa)

Untuk memudahkan pembaca dalam memahami hubungan antara suhu dan tekanan pada *liquid cargo tanks* LNG, grafik di bawah ini menggambarkan bagaimana perubahan suhu berpengaruh terhadap tekanan uap dalam tangki. Grafik ini memberikan visualisasi mengenai pola dan tren yang mungkin tidak terlihat secara langsung dari tabel data.



Gambar 4. 1 Data rata-rata suhu dan rata-rata tekanan uap pada *liquid cargo tanks* pada tanggal 8 – 11 november 2022

Sumber : Grafik dibuat penulis dengan *microsoft Excel* tahun 2021 pada tahun 2024



Gambar 4. 2 Data rata-rata suhu dan rata-rata tekanan uap pada *liquid cargo tanks* pada tanggal 22 – 25 november 2022

Sumber : Grafik dibuat penulis dengan *microsoft Excel* tahun 2021 pada tahun 2024

Kedua gambar tersebut memperlihatkan adanya hubungan yang signifikan antara suhu LNG dan tekanan uap dalam tangki. Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa peningkatan suhu cenderung diikuti oleh peningkatan tekanan uap, yang mengindikasikan korelasi positif antara kedua variabel ini.

Dalam pembuktian hipotesis, penulis melakukan perhitungan sesuai dengan metode yang dijelaskan pada Bab III, dengan menganalisis hubungan antara variabel-variabel yang ada, seperti tekanan dan suhu rata-rata tangki LNG. Data tersebut digabungkan untuk keperluan perhitungan. Penulis juga mengelompokkan data berdasarkan periode waktu dan kejadian rollover yang tercatat.

1. UJI HOMOGENITAS

Untuk mengetahui apakah data memiliki varians yang sama atau tidak, penulis menggunakan data pada Tabel 4.1 dan melakukan analisis menggunakan aplikasi SPSS 29. Dengan analisis ini, nilai *Levene's Statistic* dapat dihitung, yang memberikan gambaran tentang homogenitas *varians data*.

Tabel 4. 2 Hasil Uji Homogenitas

<i>Tests of Homogeneity of Variances</i>					
		<i>Levene Statistic</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>Sig.</i>
HASIL SUHU	<i>Based on Mean</i>	.045	1	36	.834
	<i>Based on Median</i>	.053	1	36	.819
	<i>Based on Median and with adjusted df</i>	.053	1	35.451	.819
	<i>Based on trimmed mean</i>	.048	1	36	.827

Hasil dari nilai sig = 0,827 kita hubungkan dengan kriteria korelasi yang sesuai dengan yang ada pada bab III, maka nilai sig masuk ke dalam kategori:

- a. $Sig > 0,05$, maka data homogen
- b. *variable* x dan y memiliki hubungan sangat erat dan kuat atau sempurna.

2. HASIL ANALISIS UJI KOEFISIEN KORELASI

Untuk mengetahui kuat atau lemahnya hubungan antara variabel X dan Y, penulis menggunakan data pada tabel 4.1 dan melakukan analisis menggunakan aplikasi SPSS 29. Dengan analisis ini, nilai r (koefisien korelasi) dapat dihitung, yang memberikan gambaran tentang kekuatan dan arah hubungan antara kedua variabel tersebut.

Tabel 4. 3 Hasil uji korelasi

Correlations				
		suhu muatan		tekanan uap
suhu muatan	Pearson Correlation		1	.868**
	Sig. (2-tailed)			<,001
		38	38	
tekanan uap	Pearson Correlation	.868**		1
	Sig. (2-tailed)	<,001		
		38	38	

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Sumber : Data diolah penulis dengan SPSS versi 29 pada tahun 2024

Jika hasil dari nilai $r = 0,868$ kita hubungkan dengan kriteria korelasi yang sesuai dengan yang ada pada bab III, maka nilai r masuk ke dalam kategori:

- $r < 1$, hubungan antara dua variable sangat kuat dan positif
- variable* x dan y memiliki hubungan sangat erat dan kuat atau sempurna

Dari hasil nilai r di atas maka hubungan antara suhu muatan LNG terhadap tekanan uap pada *liquiq cargo tank* sangat erat dan kuat serta positif, artinya jika suhu muatan LNG meningkat maka tekanan uap pada tangki akan ikut meningkat juga atau berbanding lurus.

3. HASIL ANALISIS UJI KOEFISIEN DETERMINASI (R²)

Untuk dapat mengetahui besarnya kontribusi variabel x terhadap variabel y, maka penulis melakukan perhitungan dengan menggunakan SPSS.29 dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Hasil uji determinasi

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
	.868 ^a	.753	.746	1.32349

a. *Predictors: (Constant), suhu muatan*

Sumber : Data diolah penulis dengan SPSS versi 29 pada tahun 2024

Dari tabel 4.3 di atas hasil perhitungan yang menggunakan SPSS 29 dapat dilihat dari hasil koefisien determinasi pada kolom R square = 0,753 atau jika di presentasikan menjadi 75,3%. Hal ini menunjukkan bahwa suhu muatan LNG dapat mempengaruhi tekanan uap pada tangki muatan LNG sebesar 75,3% sedangkan 24,7% dijelaskan oleh *variable* lain yang tidak diteliti .

4. UJI HIPOTESIS

a. Hasil Analisis Uji Regresi Linear Sederhana

Untuk mengetahui pengaruh atau hubungan secara linear antara variabel (X) dengan variabel (Y), maka penulis melakukan dengan menggunakan SPSS 29 sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Hasil uji regresi linear sederhana

ANOVA ^a					
<i>Model</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Regression</i>	191.975	1	191.975	109.598	<,001 ^b
<i>Residual</i>	63.058	36	1.752		
<i>Total</i>	255.033	37			
a. Dependent Variable: tekanan uap					
b. Predictors: (Constant), suhu muatan					

Sumber : Data diolah penulis dengan SPSS versi 29 pada tahun 2024

Berdasarkan tabel di atas pada kolom signifikansi (*sig*) memiliki nilai sebesar 0,001, berdasarkan bab III jika nilai signifikansi < 0,05, maka *variable* suhu muatan LNG (X) berpengaruh terhadap *variable* tekanan uap muatan pada *liquid cargo tanks* (Y).

b. Uji parsial (uji t)

Tingkat signifikansi (α) yang kita gunakan pada uji t adalah 5% atau 0,05. Setelah mendapatkan Tingkat signifikansi, untuk mendapatkan nilai t-Hitung, penulis menggunakan aplikasi SPSS 29 dengan hasil

sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Hasil uji Parsial (uji t)

<i>Coefficients^a</i>					
<i>Model</i>	<i>Unstandardized Coefficients</i>		<i>Standardized Coefficients</i>	<i>T</i>	<i>Sig.</i>
	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>		
(Constant)	1517.710	143.499		10.576	<,001
suhu muatan	9.436	.901	.868	10.469	<,001

a. *Dependent Variable*: tekanan uap

Sumber : Data diolah penulis dengan SPSS versi 29 pada tahun 2024

Berdasarkan tabel 4.6 di atas pada kolom t, nilai dari t-Hitung sebesar 10.469.

Untuk menentukan nilai t-tabel penulis menggunakan rumus sebagai berikut

$$t = n - k - 1$$

keterangan:

n = jumlah sampel

k = jumlah variabel

Dari persamaan di atas maka:

$$t = 38 - 2 - 1$$

$$t = 35$$

Untuk menentukan nilai t-tabel pada skripsi ini, penulis mencantumkan pada lampiran 8. Berdasarkan t-tabel titik presentase distribusi nilai dari t = 35 dapat dilihat pada kolom keempat dari kiri dengan nilai adalah 1.68957.

Berdasarkan dari nilai t-hitung dan t- tabel yang sudah didapat, maka t-hitung (10.469) > t-tabel (1.689) sehingga H0 ditolak dan H1 diterima, artinya suhu muatan LNG (X) berpengaruh terhadap tekanan uap

pada tangki muatan LNG (Y) secara signifikan.

C. PEMECAHAN MASALAH

Setelah melakukan analisis terhadap masalah yang terjadi, ditemukan banyak faktor penyebab timbulnya permasalahan. Sudah sangat jelas bahwa perubahan suhu muatan LNG berpengaruh terhadap tekanan uap pada *Liquid cargo tanks* pada kapal S.S Triputra. Perubahan suhu muatan terhadap tekanan uap pada *liquid cargo tanks* tidak memiliki perbedaan besar, namun ada beberapa hal tertentu yang sebaiknya dilakukan mengingat bahwa suhu merupakan peran penting dalam terjadinya kenaikan tekanan uap, namun suhu ini juga dipengaruhi oleh beberapa faktor dan komponen pendukung lainnya.

Ada beberapa hal yang wajib diperhatikan selama menjaga muatan LNG sampai ketujuan, diantaranya pemeriksaan suhu dan *density* muatan sebelum melakukan proses muat. Selain itu, terdapat hal yang harus menjadi perhatian agar suhu dapat terjaga dengan baik, yaitu pemantauan secara berkala. Penulis mencoba untuk memberikan pemecahan masalah berdasarkan data yang didapat, yaitu dengan melakukan pembahasan terhadap semua faktor penyebab terjadinya permasalahan dan menjawab seluruh persoalan berdasarkan peraturan dan ketentuan yang ada, maka penulis akan memaparkan beberapa alternatif pemecahan masalah yang dapat diambil, yaitu:

1. Dilihat dari segi alat

Di kapal S.S Triputra, untuk mengatasi peningkatan tekanan uap akibat perubahan suhu muatan LNG terutama pada peristiwa kejadian *rollover*, digunakan sistem kompresor yang terdiri dari *high duty* dan *low duty compressor*. Sistem ini dirancang untuk mengatur tekanan di dalam tangki LNG serta memanfaatkan *boil-off gas* (BOG) sebagai bahan bakar di kamar mesin. Dengan memaksimalkan pengiriman *boil-off gas* menuju kamar mesin, tekanan uap berlebih pada *liquid cargo tanks* dapat dikurangi secara bertahap. Untuk memaksimalkan kinerja *compressor* ini perlu dilakukan perawatan rutin serta mengecek bagian-bagian *compressor* dalam kondisi normal.

2. Kejadian *Rollover*

Perwira perlu melakukan evaluasi ulang sebelum melakukan pemuatan cargo, dengan cara menganalisis lebih teliti terkait komposisi muatan LNG terutama terkait *density* muatan karena hal ini sangat fatal pada saat memuat muatan LNG. Jika ingin memuat muatan dengan *density* yang berbeda, langkah yang lebih baik adalah memindahkan sisa muatan lama ke satu tangki yang khusus untuk muatan lama. Dengan demikian, muatan baru dapat dimuat ke dalam tangki yang berbeda tanpa tercampur dengan muatan lama. Proses ini dilakukan untuk menghindari pencampuran muatan yang dapat mempengaruhi karakteristik fisik dan kimiawi muatan, serta memastikan keselamatan dan efisiensi operasional kapal.

3. Meningkatkan keterampilan kru

Sosialisasi dan pengetahuan tentang prosedur penanganan muatan LNG diberikan oleh para perwira kapal yang telah berpengalaman yang dilakukan pada saat *meeting* yang diadakan sebelum kegiatan bongkar muat dan para perwira kapal harus terbiasa dengan panel manajemen kargo yang disertakan. Keterampilan dan pengetahuan perwira di atas kapal sebagai operator yang memegang tanggung jawab penuh harus memiliki kualitas yang tinggi. Dengan diadakannya pelatihan oleh pihak perusahaan, dapat menambah wawasan terutama dalam hal muatan LNG dan operator. Sehingga dapat Memberikan pelatihan intensif kepada kru kapal mengenai penyebab, tanda-tanda, dan penanganan *rollover*. Kru yang terlatih akan lebih siap untuk mengambil tindakan pencegahan dan penanganan jika *rollover* terjadi. Selain itu, dapat menambah pengalaman para kru. Pelatihan ini diharapkan dapat menambah keterampilan, pengetahuan, dan pemahaman dalam melakukan sebagian besar proses kerja di atas kapal dan mengerti panel-panel yang sering digunakan di atas kapal.

4. Peningkatan Prosedur Operasional

Mengimplementasikan prosedur operasional yang lebih ketat dan memperbarui protokol keselamatan sesuai dengan perkembangan teknologi dan standar internasional. Peningkatan pengetahuan dan keterampilan kru mengenai penanganan LNG dan prosedur keselamatan dapat menurunkan risiko kejadian yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, diperlukan pemberian pelatihan intensif dan berkala kepada kru kapal mengenai penanganan LNG, deteksi dini perubahan suhu dan tekanan, serta tindakan yang harus diambil dalam situasi darurat. Selain itu, memperbarui prosedur operasional sesuai dengan standar keselamatan internasional.

5. Dilihat dari segi koordinasi dengan pihak kapal FSRU

Koordinasi antara kapal dan FSRU harus ditingkatkan untuk memastikan bahwa semua tindakan yang diperlukan diambil untuk mengurangi risiko terkait perubahan suhu, tekanan uap, dan kejadian *rollover*. Pastikan adanya saluran komunikasi yang terbuka dan efektif antara kapal dan FSRU sebelum, selama, dan setelah proses pemuatan dan pembongkaran. Hal ini mencakup laporan status muatan, suhu, dan tekanan secara berkala.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan deskripsi data dan analisis yang telah dibahas sebelumnya serta alternatif pemecahan masalah, penulis menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Adanya suhu muatan memiliki pengaruh terhadap perubahan tekanan uap pada tangki muatan LNG, terutama selama peristiwa *rollover*. Pengaruh perubahan suhu muatan terhadap tekanan uap pada *Liquid cargo tanks* LNG sebesar 75,3% berdasarkan hasil uji koefisien determinasi, dengan koefisien korelasi $r_{xy} = 0.753$ yang artinya kuat dan positif (berbanding lurus) dan hasil dari uji t adalah $t\text{-Hitung} (10.469) > t\text{-Tabel} (1.689)$, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya suhu muatan (X) berpengaruh terhadap tekanan uap pada *liquid cargo tanks* LNG (Y) secara signifikan.
2. Kejadian *rollover* yang tercatat menunjukkan adanya fluktuasi suhu yang tidak stabil. *Rollover* terjadi ketika pada saat proses memuat dimana, muatan lama dan muatan baru dengan perbedaan suhu bercampur sehingga membuat lapisan baru diantara muatan lama dan baru, yang dapat meningkatkan tekanan dalam tangki secara tiba-tiba. Perubahan suhu muatan memiliki pengaruh signifikan terhadap tekanan uap dalam tangki muatan LNG, terutama selama peristiwa *rollover*. Peningkatan suhu akibat pencampuran LNG selama *rollover* dapat menyebabkan peningkatan tekanan uap yang memerlukan tindakan pengendalian yang cepat dan efektif, serta pemantauan data secara *real-time*.

B. SARAN

Pada kesimpulan di atas, sudah disampaikan sebuah metode pemecahan dan dari hasil penelitian yang dilakukan penulis sangat jelas bahwa pengaruh perubahan suhu memiliki pengaruh terhadap tekanan uap pada *liquid cargo tanks*, sehingga mempengaruhi tekanan uap pada tangki muatan. Oleh karena itu penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Saran untuk perusahaan

- a. Upayakan memberikan pelatihan khusus kepada perwira kapal mengenai risiko *rollover* dan cara mengelola muatan LNG dengan aman.
- b. Perlu dilaksanakan simulasi dan *drill* secara berkala untuk memastikan kesiapan perwira dalam menangani situasi darurat yang mungkin terjadi.
- c. Perlu dilakukan pemeriksaan secara berkala ke kapal untuk mengetahui kondisi dan situasi pelaksanaan operasional pemuatan di atas kapal.

2. Saran untuk *Gas Engineer*

- a. Menetapkan jadwal perawatan rutin untuk *low duty compressor*, termasuk inspeksi harian, mingguan, bulanan, dan tahunan. Pemeliharaan harus mencakup pemeriksaan kondisi fisik, kebersihan, dan kinerja kompresor.
- b. Memasang Standar Operasional Prosedur (SOP) dalam mengoperasikan *cargo compressor* di ruang kompresor muatan (*cargo compressor room*). Hal ini perlu dilakukan agar seluruh kru dek yang terlibat dalam cargo operation mengetahui tahap pengoperasian *cargo compressor*.

3. Saran untuk seluruh mualim di atas kapal

- a. Sebaiknya perlu meningkatkan pengawasan dan kedisiplinan mualim saat jaga agar mengetahui apa saja hal yang harus diperhatikan saat menjaga muatan LNG selama pelayaran.
- b. Sebaiknya perlu perhatian lebih sebelum melakukan proses muat untuk menjaga tekanan uap tetap stabil.
- c. Sebaiknya perlu diadakan evaluasi mengenai metode pemuatan yang lebih efisien dan aman, hendaknya juga dibahas dalam *safety meeting* oleh nahkoda dan *gas engineer*, lalu disimpan sebagai dokumen yang akan menambah pengetahuan di atas kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Bratianu, C., & Bejinaru, R. (2020). Knowledge Dynamics: A Thermodynamics Approach. *Kybernetes*, 49(1), 6-21.
- Chen, S., Wang, Z., Zhang, M., Shi, X., Wang, L., An, W., ... & Yang, L. (2023). Chen Et Al. *Carbon Energy*, 5(8).
- Creswell, J. W. And Creswell, J. D. (2021) Research Design: Qualitative, Quantitative, And Mixed Methods Approaches. 3rd Edn. United States Of America: Sage Publications.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). *Fundamentals Of Physics*. John Wiley & Sons.
- Harrison, J. (2009). International Maritime Organization. *Int'l J. Marine & Coastal L.*, 24, 727.
- Humaidi, A. H. (2009). *Fisika Sma/Ma Kelas Xi*. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Imo. (2014). *International Code For The Construction And Equipment Of Ships Carrying Liquefied Gases In Bulk (Igc Code)*. International Maritime Organization.
- Indonesia, P. R. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 Tentang Pelayaran.
- Kim, M., De Vito, R., Duarte, F., Tieskens, K., Luna, M., Salazar-Miranda, A., ... & Walker, E. D. (2023). Boil Water Alerts And Their Impact On The Unexcused Absence Rate In Public Schools In Jackson, Mississippi. *Nature Water*, 1(4), 359-369.
- Kulitsa, M., & Wood, D. A. (2018). Lng Rollover Challenges And Their Mitigation On Floating Storage And Regasification Units: New Perspectives In Assessing Rollover Consequences. *Journal Of Loss Prevention In The Process Industries*, 54, 352-372.
- Mcguire, & White. (2016). *Liquefied Gas Handling Principles On Ship And In Terminals Third Edition*. London, England: Witherby & Co Ltd

- Mitsui Osk Line. (N.D.). *Lng Tanker Familiarisation Course*. Japan.
- Leavy, P. (2022). *Research Design: Quantitative, Qualitative, Mixed Methods, Arts-Based, And Community-Based Participatory Research Approaches*. Guilford Publications.
- Nations, E. (2008). Economic Commission For Europe. *Un Statistical Division*.
- Osara, J. A., & Bryant, M. D. (2020). A Temperature-Only System Degradation Analysis Based On Thermal Entropy And The Degradation-Entropy Generation Methodology. *International Journal Of Heat And Mass Transfer*, 158, 120051.
- Ships, O., & Terminals, I. Liquefied Gas Handling Principles.
- Sugiyono (2020) Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D. Bandung: Alfabeta
- Sugiyono (2014) Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D. Bandung: Alfabeta
- Sugiyono (2016) Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Methods). Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono (2018) Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Methods). Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono (2017) Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Methods). Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono, L. (2020). Analisis Situasi Pembangunan Manusia Di Jawa Tengah. *Indonesian Journal Of Applied Statistics*, 3(1), 12-23.
- Tanker Safety Guide Liquefied Gas Third Edition*. (2018). London: International Chamber Of Shipping.
- Tsu Works. (2000). *Cargo Operation Manual Ss Triputra*. Japan: Nkk Corporation.
- Widyaningsih, U., & Nisa'lestari, J. (2019). Pelaksanaan Dinas Jaga Pada Saat Operasi Bongkar Muatan Di Kapal Mt. Transko Arafura Pada Pelabuhan Gunung Sitoli. *Jurnal 7 Samudra*, 4(1).
- Yustisia, T. V. (2014). *Kuhd: Kitab Undang-Undang Hukum Dagang*. Visimedia.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Sinopsis

PENGAJUAN SINOPSIS SKRIPSI

NAMA : NUR WAHYUDIN RAUF
NRP : 363200513
BIDANG KEAHLIAN : NAUTIKA
SEMESTER : VIII

Mengajukan Sinopsis Skripsi sebagai berikut:

A. JUDUL :

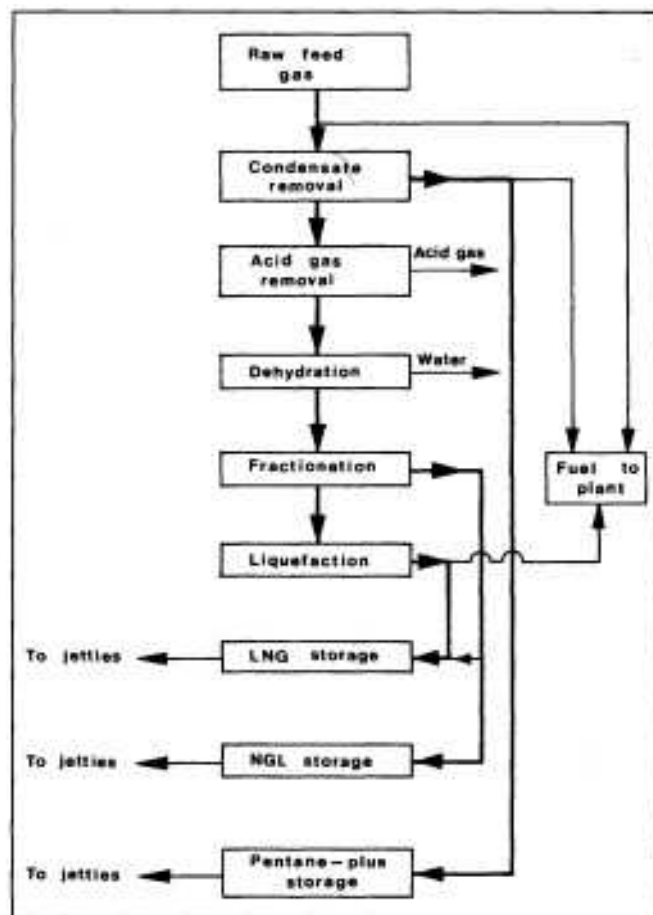
"ANALISIS PENGARUH PERUBAHANAN SUHU MUATAN LNG TERHADAP TEKANAN UAP PADA *LIQUID CARGO TANK* DI KAPAL S.S TRIPUTRA"

B. LATAR BELAKANG MASALAH :

Berdasarkan rilis *Databoks*, Indonesia menjadi salah satu negara yang menjadi eksportir gas alam cair (*Liquefied Natural Gas / LNG*) 10 terbesar di dunia pada tahun 2021, pada tahun 1977 Indonesia sudah mulai berkontribusi dalam pasar LNG dan mendapatkan posisi delapan di dunia, sehingga Indonesia menjadi salah satu eksportir LNG terbesar di dunia. LNG menjadi salah satu komoditas energi yang diminati, terutama oleh negara-negara maju yang fokus pada isu lingkungan. Gas alam cair terbukti menjadi sumber energi bersih dibandingkan dengan batu bara. Selain itu, harga LNG juga terbilang cukup terjangkau, sehingga dapat diandalkan menjadi salah satu sumber energi alternatif.

Gas alam diperoleh dari kerak bumi melalui pengeboran ke dalam *reservoir* bawah tanah menggunakan *rig* yang berada di permukaan bumi. Proses ini menghasilkan gas alam yang kemudian diolah menjadi LNG (*Liquefied Natural*

Gas). Dalam buku *Liquefied Gas Handling Principles*, dijelaskan tahapan transformasi gas alam menjadi LNG. Tahap pertama adalah penghapusan kondensat untuk menghasilkan gas alam yang lebih murni. Selanjutnya, gas alam diproses untuk memisahkan gas asam seperti karbon dioksida dan hidrogen sulfida. Setelah pemisahan gas asam, gas alam yang telah dimurnikan dialirkan ke unit fraksionasi. Di sini, komponen utama seperti *Natural Gas Liquids* (NGL) dihilangkan. Gas alam kemudian dipecah menjadi fraksi spesifik seperti propana dan butana. Aliran gas utama, yang sebagian besar berupa metana, kemudian dicairkan dengan menggunakan udara atau helium hingga mencapai suhu -161°C , menghasilkan produk akhir LNG.



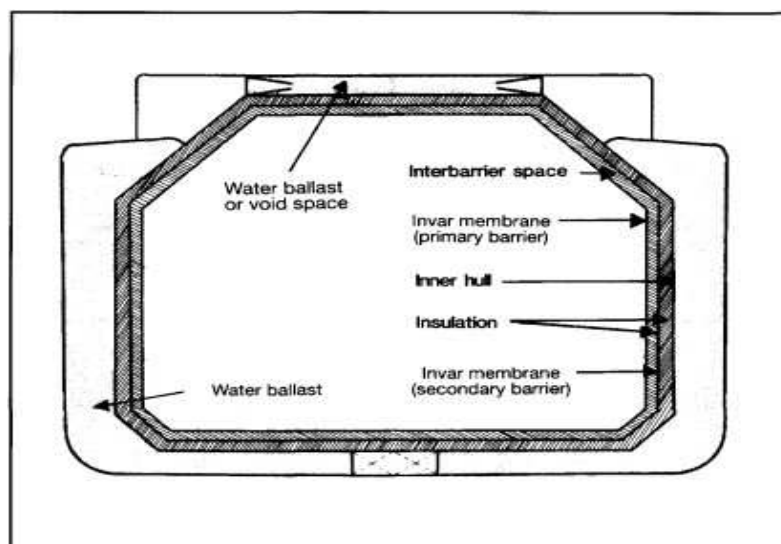
Gambar 1.1 Proses pencairan *Liquefied Natural Gas*

Berdasarkan Manual Instruksi Penanganan Muatan S.S Triputra, LNG adalah gas alam yang telah diubah menjadi cairan dengan mendinginkannya hingga suhu -161°C . LNG ini memiliki kandungan utama lebih dari 90% metana (CH_4) dan kurang dari 10% gas hidrokarbon lainnya, termasuk etana (C_2H_6), propana (C_3H_8), butana (C_4H_{10}), dan pentana (C_5H_{12}). Setelah proses ini, LNG menjadi cairan yang

tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak menghantarkan listrik. Sifat LNG adalah bahwa pada tekanan atmosfer normal, cairan ini akan tetap berada dalam bentuk cair pada suhu di bawah -161°C dan akan menguap pada suhu di atas -75°C .

Dalam era saat ini, pendistribusian LNG mengandalkan berbagai moda transportasi, dan transportasi laut menjadi pilihan utama dalam mengangkut LNG dalam jumlah besar. Kapal laut mendominasi sebagai sarana utama, terutama karena perbandingan volume yang signifikan antara LNG dalam bentuk cair dan gas, yaitu 1:600. Ini berarti setiap liter LNG dalam bentuk cair setara dengan 600 liter LNG dalam bentuk gas. Karena sifat berbahayanya, LNG masuk dalam klasifikasi muatan berbahaya yang memerlukan penanganan khusus. LNG *carrier* merupakan jenis kapal yang dirancang khusus untuk mengangkut jenis muatan gas dalam bentuk cair sebagai berikut:

1. *Independent Type B tank* terdiri dari tipe moss rosenberg yang mudah dikenali dengan bentuk tank seperti bola. Kelebihan tipe ini adalah *boil off gas* yang dihasilkan lebih sedikit daripada desain lain seperti tipe *Membrane*. Selain itu, kelebihan pada tipe *moss* ada pada kekuatan *primary barrier* yang toleran terhadap kebocoran.
2. *Integral Membrane Tank* terdiri atas 2 desain, NO 96 dan GTT Mark III, desain ini memiliki keunggulan pada kapasitas muatan yang dapat diangkut.



Gambar 1.2 Membrane tank type GTT MARK III

Kapal S.S Triputra memiliki sejarah panjang sejak penandatanganan kontrak pembangunan pada tanggal 4 Desember 1997, peluncuran pada tanggal 2

Juli 1999, hingga penyerahannya pada tanggal 24 Oktober 2000. Dengan panjang keseluruhan (LOA) 151,03 meter, lebar 28 meter, draft 7,06 meter, dan tinggi 47,40 meter, S.S Triputra dirancang untuk beroperasi dengan kecepatan 10,0 knot baik saat bermuatan penuh (*laden*) maupun saat dalam kondisi tidak memuat (*ballast*). Kapal S.S Triputra, merupakan kapal pengangkut gas cair tipe *Membrane* dengan tangki tipe GTT MARK III, tangki ini terbuat dari *stainless steel* yang tahan dengan suhu dingin, memiliki tiga ruang muat berkapasitas total 23.000 meter kubik dan suhu mencapai -160°C. Setiap ruang muat dilengkapi dengan dua *cargo pump* dan satu *spray pump*. Untuk penyimpanan tangki gas alam cair menggunakan baja kriogenik (*Cryogenic steel*) yang

Rute pelayaran S.S Triputra meliputi perjalanan dari Kapal FSRU Jawa Satu di Subang, Jawa Barat ke kapal FSRU Karunia Dewata Benoa, Bali. Dalam operasionalnya, kapal ini dilengkapi dengan *high duty* dan *low duty compressor* untuk pengiriman gas ke kamar mesin. Mematuhi standar *IGC code* untuk pengangkutan gas internasional, kapal ini menerapkan penanganan khusus sesuai dengan *Cargo Manual book* selama proses pengiriman muatan guna menjamin keselamatan dan efisien selama pengiriman muatan LNG. Dalam mengelola kargo LNG, perhatian khusus diberikan pada suhu dan tekanan uap. Keahlian perwira kapal menjadi kunci utama dalam menjaga suhu dan tekanan uap agar tidak terjadi *outgassing*. *Monitoring* yang cermat dan keterampilan awak kapal sangat penting untuk menjaga kondisi suhu dan tekanan uap selama proses penanganan muatan

Tindakan pencegahan yang ketat diterapkan pada pembawa gas untuk mencegah kondisi *vent out*, karena tekanan uap tinggi di dalam tangki dapat menimbulkan bahaya serius. Ketika tekanan uap melebihi batas tekanan kerja maksimum yang diijinkan, gas dilepaskan melalui katup pengaman untuk mencegah kecelakaan disebut MARVS (*Maximum Allowable Relief Valve System*) yang sudah ditentukan, Dalam MSDS (*Material Safety Data Sheet*), dijelaskan uap gas yang bercampur dengan udara dapat dengan mudah memicu reaksi kebakaran yang akan memicu terjadinya ledakan dan kerusakan pada konstruksi kapal Hal ini dapat terjadi jika gas ini bercampur dengan udara dengan konsentrasi berkisar antara 5% hingga 15% dari total volume udara, maka ada kemungkinan gas tersebut akan terbakar dan menimbulkan kebakaran. Terlebih lagi, jika dinyalakan di ruang terbatas, berpotensi menimbulkan ledakan yang sangat berbahaya.

Berdasarkan pengalaman penulis selama menjalani program praktek

berlayar di atas kapal S.S Triputra, kapal mengalami *vent out* pada saat berlayar menuju kapal FSRU Karunia Dewata, Benoa , Bali, Indonesia. Hal tersebut terjadi Pada bulan November 2022 tepatnya pada tanggal 8 dan 22 november 2022. Insiden ini terjadi setelah kapal menyelesaikan proses pemuatan di Kapal FSRU Jawa Satu secara *ship to ship* (STS) dan melanjutkan perjalanan menuju Bali. Peningkatan tekanan uap pada tangki muatan LNG terjadi setelah beberapa jam saat meninggalkan Kapal FSRU Jawa Satu. Peristiwa ini menyebabkan tekanan uap dalam tangki meningkat secara mendadak pada tanggal 8 dan 22 november 2022. Namun, Kenaikan tekanan uap yang paling tinggi terjadi pada tanggal 22 november 2022 hingga mencapai 24.5 kPa, sehingga mengaktifkan *cargo tank protection system* yang menyebabkan *vent valve* (VG 173) terbuka hal ini mengakibatkan terjadinya *venting out* pada perjalanan menuju kapal FSRU Karunia Dewata. Berikut data tanggal 8 dan 22 selama pelayaran menuju Bali.

Tabel 1. 2 *Data After Before Loading Ship To Ship*

Date	cargo quantity (m ³)		cargo temp(°C)		cargo density (kg/m ³)		tank pressure (kPa)	
	before	after	before	after	before	after	before	after
08-Nov-22	108,752	22,503,708	-158,6	-159,1	432.90	432.15	11,2	15,7
21-Nov-22	85,004	22,497,660	-159,1	-158,9	432.15	430.99	11,2	14,6

Sumber: Dokumentasi kapal

Kejadian ini sangat berbeda dengan kondisi sebelumnya, di mana tekanan uap dalam tangki muatan tetap stabil setelah keberangkatan kapal. Dampak dari insiden ini mencakup perubahan besar pada perhitungan total muatan yang sebelumnya telah diatur dalam rencana muatan. Selain itu, dampaknya juga dirasakan pada kenyamanan dan jadwal kerja kru kapal, menciptakan situasi darurat yang memerlukan tanggapan cepat dan tepat.

Berdasarkan pengamatan penulis, tingginya tekanan uap dalam tangki yang menyebabkan kenaikan drastis pada tangki muatan disebabkan oleh perbedaan suhu dan peristiwa *rollover*, kurangnya informasi yang diterima dari terminal, kurang optimalnya kinerja *high duty compressor* dan *low duty compressor* dalam menjaga tekanan uap pada tangki, serta kurangnya persiapan dan tindakan pencegahan untuk mengantisipasi terjadinya *vent out*. Faktor-faktor ini melibatkan suhu muatan LNG

yang tinggi, perbedaan *density* antara sisa muatan dan muatan baru.

Dari konteks dan isu yang diungkapkan, penulis merasa tertarik untuk menganalisis pengaruh perubahan suhu muatan LNG terhadap tekanan uap pada *liquid cargo tanks* selama kapal berlayar. Oleh karena itu, penulis memutuskan untuk menyusun suatu karya ilmiah dalam bentuk skripsi dengan judul:

C. IDENTIFIKASI MASALAH

Dari penjelasan latar belakang yang telah disampaikan, dapat diidentifikasi permasalahan yang menyebabkan tekanan dalam tangki menjadi sangat tinggi sebagai berikut:

1. Perubahan suhu muatan LNG.
2. Pengaruh tekanan uap muatan LNG.
3. Pengaruh fungsi high duty compressor dan low duty compressor dalam menjaga tekanan tangki.
4. Kurangnya pemahaman terhadap keterampilan dan pengetahuan kru yang ditugaskan untuk menangani muatan LNG.
5. Kekurangan dalam koordinasi antara kapal dan pihak terminal terkait informasi muatan yang diterima, termasuk informasi mengenai suhu dan *density* muatan LNG.
6. Kurangnya persiapan atau tindakan pencegahan yang diambil sebelumnya untuk mengantisipasi atau mengelola risiko perubahan suhu dan *density* muatan LNG.

D. BATASAN MASALAH :

1. Suhu muatan LNG.
2. Tekanan muatan LNG.

E. RUMUSAN MASALAH :

1. Adakah pengaruh suhu muatan terhadap perubahan tekanan uap pada tangki muatan LNG?
2. Bagaimana *density* dapat mempengaruhi perubahan tekanan uap pada tangki muatan LNG?

F. PENJELASAN PENELITIAN

Pendekatan Masalah Penelitian:

- Penelitian Kuantitatif

Metode Pengumpulan Data :

- Dokumentasi
- SPSS

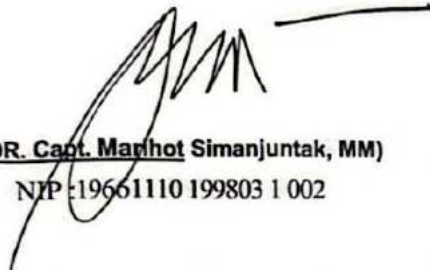
Mengetahui:

Jakarta, ²⁸ Maret 2024


PEMBIMBING UTAMA

PEMBIMBING PENDAMPING


PENULIS



(DR. Capt. Marhot Simanjuntak, MM)
NIP : 19661110 199803 1 002




(Ir. Boedojo Wiwoho S.J., MT.)
NIP : 19641218 199103 1 003



(Nur Wahyudin Rauf)
NRP : 363200513

KETUA JURUSAN NAUTIKA

24-2024



Meilinasari Nurhasanah H., S.SI.T., M. M.Tr.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19810503 200212 2 001

Lampiran 2 Lembar Bimbingan



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



PEMBIMBING I : Capt. Manihot Simanjuntak, MM
MATERI PEMBIMBING : ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN SUHU MUATAN LNG
TERHADAP TEKATAN LIPAT PADA LIQUID CARGO TANK DI KAPAL S.S TRITIPA

NO.	TANGGAL	URAIAN MATERI	TANDA TANGAN PEMBIMBING
1	11/12/23 12/12/23	Revisi Bab I & II	F
2	16/01/24	Koreksi & penyesuaian Bab I	F
3	14/02/24 23/02/24	Koreksi & penyesuaian Bab II	F
4	13/03/24 28/03/24	Koreksi & penyesuaian Bab III	F
5	17/04/24 30/04/24	Koreksi & penyesuaian Bab III	F
6	18/05/24 31/05/24	Penyesuaian Bab IV & Koreksi & perbaikan	F
7	03/06/24 10/06/24 23/06/24	Penyesuaian Bab IV & Koreksi & perbaikan	F
8	01/07/24 09/07/24	Penyesuaian Bab IV & Koreksi	F
9	16/07/24 23/07/24	Seleksi Bab I, II, III, IV/V	F
10	29/07/2024	Simpulan & Uji	F

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 1.02B-R.2



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



PEMBIMBING II

Ir. Boedjo Wiwoho S.J.,

MATERI PEMBIMBING

ANALISIS TEKANAN UAP PADA LIQUID CARGO TANK
ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN SUHU MUATAN TERHADAP
TEKANAN UAP PADA LIQUID CARGO TANK DI ATAS KAPAL S.S. TRIPUTRA.

NO.	TANGGAL	URAIAN MATERI	TANDA TANGAN PEMBIMBING
1	6-12-2023	- Selesai Panton Survei - Bawa Gambar ukh survei - Bawa Renda Panton Survei	Budy
2	28-3-2024	- Survei OK - Lengkapi Bant Bab I	Budy
3	10-6-2024	- Perbaiki Bab I - Ikhut Pedana Panton	Budy
4	13-6-2024	- Bab I OK - Lengkapi Bab II	Budy
5	20-6-2024	- Bab II OK - Lengkapi Bab III	Budy
6	27-6-2024	- Bab III perbaiki Di panti O panti	Budy
7	1-07-2024	- Bab III OK - Lengkapi Bab IV	Budy
8	23-07-2024	- Perbaiki analisis - Lakukan Test Statistik	Budy
9	24-07-2024	- Perbaiki perhitungan - Test Homogenitas	Budy
10	25-07-2024	- Bab IV OK - Lengkapi Bab V	Budy

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.

NUR WAHYUDIN RAUF.pdf

by cek turnitin kampus 1

Submission date: 30-Jul-2024 11:49PM (UTC-0500)

Submission ID: 2414630771

File name: NUR_WAHYUDIN_RAUF.pdf (8.3M)

Word count: 432

Character count: 2115

Turnitin

ORIGINALITY REPORT

11 %
SIMILARITY INDEX

5 %
INTERNET SOURCES

1 %
PUBLICATIONS

9 %
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta Student Paper	4%
2	Submitted to UIN Raden Intan Lampung Student Paper	1%
3	Submitted to Universitas Islam Lamongan Student Paper	1%
4	Submitted to Universitas Pakuan Student Paper	<1%
5	Submitted to Universitas Islam Syekh-Yusuf Tangerang Student Paper	<1%
6	repository.stipjakarta.ac.id Internet Source	<1%
7	Submitted to Universitas PGRI Palembang Student Paper	<1%
8	docobook.com Internet Source	<1%
9	Submitted to Sriwijaya University	

	Student Paper	<1 %
10	Submitted to stipram Student Paper	<1 %
11	repository.uinsaizu.ac.id ⁷ Internet Source	<1 %
12	repository.trisakti.ac.id Internet Source	<1 %
13	Submitted to Universitas Pendidikan Indonesia Student Paper	<1 %
14	notaris-bhakti-simamora.blogspot.com ² Internet Source	<1 %
15	Submitted to IAIN Pontianak Student Paper	<1 %
16	nanopdf.com Internet Source	<1 %
17	repository.unhas.ac.id ³ Internet Source	<1 %
18	www.cnnindonesia.com Internet Source	<1 %
19	Submitted to Badan PPSDM Kesehatan Kementerian Kesehatan ⁴ Student Paper	<1 %

20	¹ repository.unri.ac.id Internet Source	<1 %
21	Submitted to Universitas Muhammadiyah Semarang Student Paper	<1 %
22	docplayer.info Internet Source	<1 %
23	⁹ eprints.iain-surakarta.ac.id Internet Source	<1 %
24	repository.usd.ac.id Internet Source	<1 %
25	bmhacked.blogspot.com Internet Source	<1 %
26	³ digilib.iain-palangkaraya.ac.id Internet Source	<1 %
27	eprints.walisongo.ac.id Internet Source	<1 %
28	wizardh6lic.blogspot.com Internet Source	<1 %
29	www.anneahira.com Internet Source	<1 %
30	² www.scribd.com Internet Source	<1 %
31	Submitted to IAIN Purwokerto	

Student Paper

<1 %

32

Submitted to Universitas Sains Alquran

Student Paper

<1 %

33

erikablog23.blogspot.co.id

Internet Source

<1 %

34

4
jalarif.wordpress.com

Internet Source

<1 %

35

www.dunia-energi.com

Internet Source

<1 %

36

zombiedoc.com

Internet Source

<1 %

37

1
repository.pip-semarang.ac.id

Internet Source

<1 %

38

repository.ub.ac.id

Internet Source

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

73

73

Hidrokolco		Operation Procedures		GR 0.2	Vnc 7.0
Technical	Commercial	Ship particulars	Equipment	GR 0.1	Vnc 6.0
Technical	Commercial	Ship particulars	Equipment	GR 0.1	Vnc 6.0
Technical	Commercial	Ship particulars	Equipment	GR 0.1	Vnc 6.0

Summer Draft (Ext) Design Draft (Mid) Scantling Draft (Mid) Min. Draft Fwd Min. Draft aft for propeller rui immersion Height above Keel - Air Draft International C/T International N/T Suez Canal C/T Suez Canal N/T Suez Canal SCID	7.060 m 7.00 m 7.50 m 5.31 m 5.57 m 47.40 m 20,017 Ton 6,005 Ton 21,056.09 Ton 15,211.88 Ton	40.34 m (as summer draft)	Lifting Equipment	Provision Crane	Electric Type - 29.4 kN x 0.17 mtr/sec (10 mtr/min) x 2 Sets
	8.94 m (@ summer draft) 7.060 m (summer draft) 15.5 mm Summer Freeboard abt 5.000 Nm (Based on speed 16.5 Kts without boil-off gas burning)			Hose Handling Crane	Electro Hydraulic Type - 49 kN x 0.17 mtr/sec (10 mtr/min) x 1 Set
Freeboard Deck Keelplate Thickness Type of Freeboard Cruising Range			Cargo & Regas Machinery	Cargo Compressor and Motor Room Maintenance Crane Fwd. Maintenance Crane Cargo Pump Small Regas Feed Pump H/D Compressor L/D Compressor H/D Heater H/P Compressor Regas FC Heater Recondenser / Suction Drum Sea Water Heater for Regas HP Vaporizer Regas heating water pump Trim Heater Metering System Roll-over prevention system High Integrity Pressure Protection System (HIPPS) Ballast Water Treatment Small HP Pump HP Pump LNG Vaporiser	N/A N/A N/A 850 m3/hr x 130 m total head x 6 Sets 20 m3/hr x 130 m total head x 3 Sets N/A 6,400 m3/hr x 196 (del) / 105 (suc) kPaA x 2 Sets 2,400 m3/hr x 196 (del) / 103 (suc) kPaA x 1 Set abt. 3,910,000 kJ / hr x 1 Set N/A N/A N/A N/A N/A N/A N/A N/A N/A N/A abt. 5,100,000 kJ / hr x 1 Set
Max. Allowable Non-visibility Length	85 m (Fore Visibility) 17 m (Aft Visibility)			LNG Forcing Vaporizer	N/A
Deadweight	Summer DWT Design DWT Summer Draft Design Draft Normal Ballast	12,493 MT 12,353 MT 20,795 MT 20,588 MT 16,746 MT		N2 Generator	60 Nm3/hr x 2 Sets
Displacement	100% No.1 No.2 No.3 No.4 No.5 Total	23,014,680 m3 22,554,386 m3 6,275,895 m3 8,370,650 m3 8,368,135 m3 N/A 23,014,680 m3		IC Generator	2,000 Nm3/hr x 30 kPaG (del) x 1 Set
Cargo Tank Capacity (excluding dome)				Small Ballast Pump	Vertical Centrifugal Elect. Motor - 1,000 m3/hr x 30 M x 2 Sets
				Ballast Pump	N/A
				Small Ballast Pump	Vertical Centrifugal Electric Motor - 130/85 m3/hr x 30/100 M x 1 Set
				Blige, Fire & G.S. Pump	Vertical Centrifugal Electric Motor - 130/85 m3/hr x 30/100 M x 1 Set
				Fire Pump	Vertical Centrifugal Electric Motor - 72 m3/hr x 100 M x 1 Set
				Em 'cy Fire Pump	Vertical Centrifugal Electric Motor - 3.15 m3/hr x 1 Set
				Water Spray Pump	36 Persons (Starboard Lifeboat)
				Lifboat	36 Persons (Port Lifeboat)
				Lifboat	20 Persons x 4 Sets (2 Sets each at Port & Stbd near Lifeboat)
				Life Raft	6 Persons x 1 Set (Fore Station)
				Lifesaving Capacity	36 Persons
				Accommodation	31 Cabins (Capacity 36 Persons)
Tank Capacity	Water Ballast F.O. (98%) DO/CO (98%) Fresh Water Drink Water Distilled Water	9,592 m3 2,744 m3 331 m3 114 m3 66 m3 82 m3	Cabin	Lifesaving	
				Accommodation	

Lampiran 5 crew list

Bridge, D, C, B, A, ECR, Fire Plan (2), SOPEP, Solas Training Manual (4) - Fire Safety Operation (4), Fire Fighting Techniques (4) Total (21)

MUSTER LIST

TRIPUTRA

09 September 2022

NO	NAME	RANK	TEAM
1	Agus Saiful Bahri	Master	COMMAND TEAM
2	Slamet Rudy Suryawan	Chief Officer	LNG TEAM
3	Febrian R	1st Officer	EMERGENCY TEAM 1
4	Derry Warsidi	2nd Officer	BACK UP / MEDICAL TEAM
5	Andika Prawira Kurniawan	3rd Officer	COMMAND TEAM
6	Anugrah Robial Wildanata	4th Officer	COMMAND TEAM
7	Priyo Nugroho	Chief Engineer	ENGINE ROOM TEAM
8	Satrio Utomo	Tr. Chief Engineer	ENGINE ROOM TEAM
9	Razi Mutawalli Sugianto	Sr. 1st Engineer	EMERGENCY TEAM 2
10	Indra Tokashi Sianturi	Jr. 1st Engineer	LNG TEAM
11	Iman Chaery	2nd Engineer	ENGINE ROOM TEAM
12	Andi Mulya Pratama	3rd Engineer	ENGINE ROOM TEAM
13	Ikhsannu Fitra	4th Engineer	ENGINE ROOM TEAM
14	Edu Mardana	Boatswain	EMERGENCY TEAM 1
15	Ulul Nor Rochman	Able Seaman (A)	LNG TEAM
16	La Ode Arba	Able Seaman (B)	EMERGENCY TEAM 1
17	Hendra Chaerla	Able Seaman (C)	COMMAND TEAM
18	Rizki Agung Bahtiar	Able Seaman (D)	EMERGENCY TEAM 1
19	Dias Aditya Mardhana	Able Seaman (E)	EMERGENCY TEAM 1
20	Dian Pahlepi	Ordinary Seaman	EMERGENCY TEAM 1
21	Mulyadi	No.1 Oiler	ENGINE ROOM TEAM
22	Agus Priyanto	Oiler (A)	EMERGENCY TEAM 2
23	Tintus Arismunandar	Oiler (B)	LNG TEAM
24	Edwin Martian	Oiler (C)	ENGINE ROOM TEAM
25	Sugiyanto	Oiler (D)	EMERGENCY TEAM 2
26	Brian Oktora	Oiler (E)	EMERGENCY TEAM 2
27	Ilham Dwi Laksono Putro	Wiper	EMERGENCY TEAM 2
28	M. Sarip Hidayatuloh	Wiper	EMERGENCY TEAM 2
29	Abdul Basid	Chief Cook	BACK UP / MEDICAL TEAM
30	Ismail Yudi Salikin	Cook	BACK UP / MEDICAL TEAM
31	Cecep Supriyatna	Cook	BACK UP / MEDICAL TEAM
32	Abdul Rahman Mawli	Messman	BACK UP / MEDICAL TEAM
33	Nur Wahyudin Rauf	Deck Cadet	COMMAND TEAM
34	Bastian Ezra C. Simatupang	Engine Cadet	ENGINE ROOM TEAM

Remark:

* WORKING LANGUAGE IS ENGLISH

* COMMAND TEAM 4 PERSON

* EMERGENCY TEAM 1 6 PERSON

* EMERGENCY TEAM 2 7 PERSON

* LNG TEAM 4 PERSON

* BACK UP / MEDICAL TEAM 5 PERSON

* ENGINE ROOM TEAM 8 PERSON

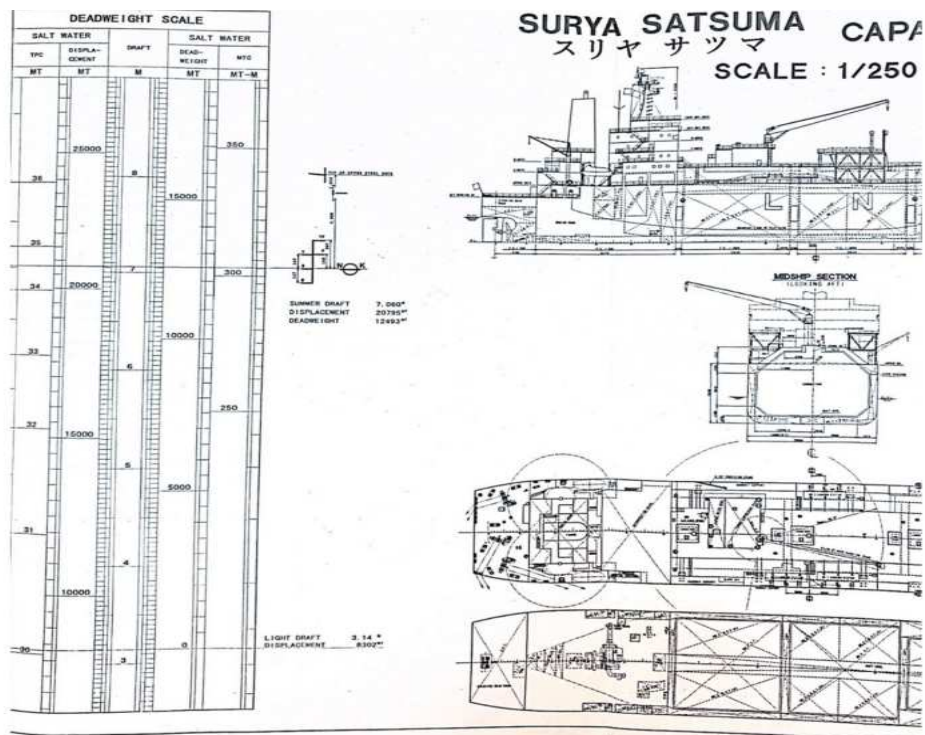
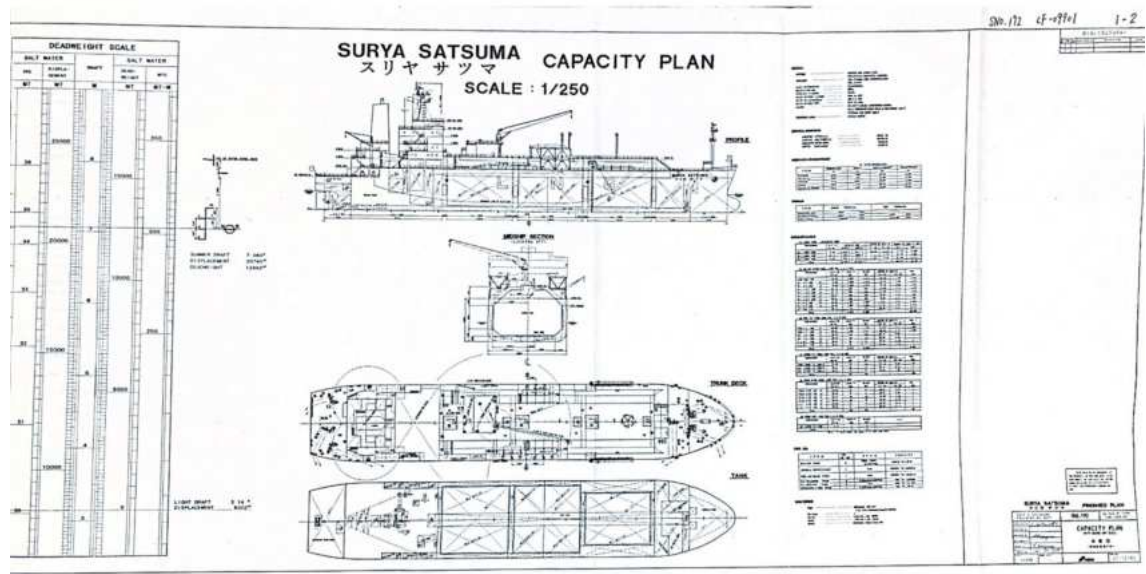
TOTAL 34 PERSON

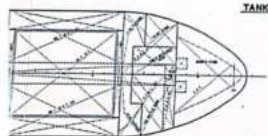
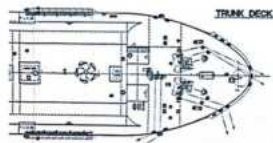
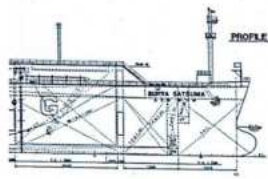

Capt. Agus Saiful Bahri
Master of TRIPUTRA

Lampiran 6 Proses *loading ship to ship*



Lampiran 7 Struktur kapal S.S Triputra



[illegible]

2017-2018 Budget		
Operating Expenses	1,000,000	1,000,000
Capital Expenses	500,000	500,000
Debt Service	200,000	200,000
Reserve Fund	300,000	300,000

Characteristic	Number (n)	Percentage (%)
Age (years)		
18-24	10	10.0
25-34	15	15.0
35-44	20	20.0
45-54	25	25.0
55-64	30	30.0
65-74	35	35.0
75-84	40	40.0
85-94	45	45.0
95-104	50	50.0
Gender		
Male	120	60.0
Female	80	40.0
Ethnicity		
White	100	50.0
Black	80	40.0
Hispanic	60	30.0
Asian	40	20.0
Other	20	10.0
Marital status		
Married	100	50.0
Single	80	40.0
Divorced	60	30.0
Widowed	40	20.0
Education level		
High school or less	100	50.0
Some college	80	40.0
Bachelor's degree	60	30.0
Master's degree	40	20.0
PhD	20	10.0

1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	2066	2067	2068	2069	2070	2071	2072	2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079	2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086	2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100
1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	2066	2067	2068	2069	2070	2071	2072	2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079	2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086	2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100

2019年12月31日		2019年12月31日		2019年12月31日		2019年12月31日	
资产	负债	资产	负债	资产	负债	资产	负债
流动资产	100.00	流动资产	100.00	流动资产	100.00	流动资产	100.00
非流动资产	0.00	非流动资产	0.00	非流动资产	0.00	非流动资产	0.00
总资产	100.00	总资产	100.00	总资产	100.00	总资产	100.00
流动负债	100.00	流动负债	100.00	流动负债	100.00	流动负债	100.00
非流动负债	0.00	非流动负债	0.00	非流动负债	0.00	非流动负债	0.00
总负债	100.00	总负债	100.00	总负债	100.00	总负债	100.00

[illegible][illegible]

項目	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
1. 2017年12月31日	100	100	100	100	100	100
2. 2018年12月31日	100	100	100	100	100	100
3. 2019年12月31日	100	100	100	100	100	100
4. 2020年12月31日	100	100	100	100	100	100
5. 2021年12月31日	100	100	100	100	100	100
6. 2022年12月31日	100	100	100	100	100	100

[illegible]

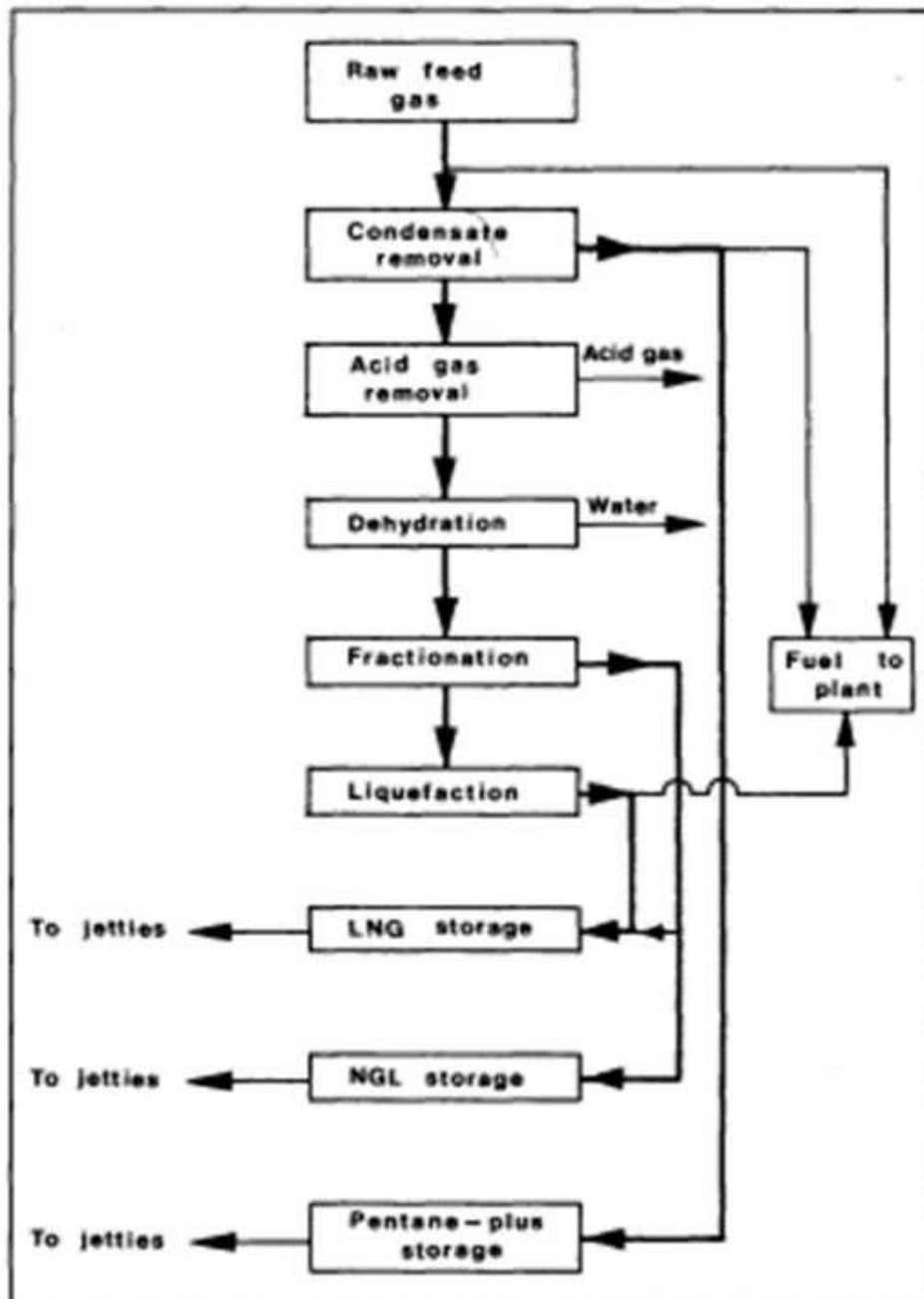
Category	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014
1. Total	100.00	100.00	100.00	100.00
2. Subtotal	100.00	100.00	100.00	100.00
3. Total	100.00	100.00	100.00	100.00

[illegible]

Step	Estimated 100-125 1.00-1.05 (100-105) (100-105)
No. of jobs	1.00-1.05 (100-105) (100-105)
100-105	1.00-1.05 (100-105) (100-105)
100-105	1.00-1.05 (100-105) (100-105)
100-105	1.00-1.05 (100-105) (100-105)

SURYA SATSUMA スリヤ サツマ		FINISHED PLAN	
SHIP 3, 2000 TON ENGINE 1000 HP	90.192	25.000 HP TIME 100 CAPACITY	
CAPACITY PLAN WITH SHIP 3 AND 1000 HP		1000 HP 1000 HP	
1/200		1000 HP 1000 HP	

Lampiran 8 Proses pencairan *Liquefied Natural Gas*



Lampiran 9 Cargo Document

JAWA SATU POWER

PT. JAWA SATU POWER
Gedung Wisma Nusantara 26th Floor
Jalan M.H. Thamrin No. 59 Jakarta Pusat 10350

CERTIFICATE OF ORIGIN

013/BB-T9/PLN13/2022

Jawa Satu Power Terminal hereby declare that the entire quantity of Liquefied Natural Gas (LNG) cargo, as below stated, is originated from Republic of Indonesia

Consignors	: PT. Jawa Satu Power
Consignee(s)	: PT. PLN (Persero)
Name of Vessel	: TRIPUTRA
Port of Loading	: Jawa Satu Power Terminal (FSRU Jawa Satu)
Port of Discharge	: BENOA, BALI
Cargo Number	: 013/BB-T9/PLN13/2022
Voyage Number	: 2215-PLN09 JSP09
Cargo	: Liquefied Natural Gas (LNG)
Quantity	: 22,413 m ³

Subang, 22nd November 2022
Signed for PT Jawa Satu Power Terminal


Lukman Rachman
Port Operation & Fuel

JAWA SATU POWER

PT JAWA SATU POWER
Gedung Wisma Nusantara 26th Floor
Jalan MH. Thamrin No. 59, Jakarta Pusat 10350

BILL OF LADING

013/BB-T9/PLN13/2022

Loaded in apparent good order and condition by FSRU JAWA SATU as part of PT. JAWA SATU POWER terminal and received in apparent good order and condition by PT. PLN (Persero) on board LNG Vessel TRIPUTRA (herein after referred to as the "Carrier") whereof CAPT. AGUS SAIFUL BAHRI is the Master, for the present voyage, now berthing in the PT. Jawa Satu Power Terminal of Subang, Indonesia a cargo Liquefied Natural Gas (LNG) of **22,413 cubic meters** to be delivered at **BENOA, BALI** or so near thereto as the vessel can safely get, always afloat, unto the order of **PT. PELINDO ENERGI LOGISTIK**.

All terms, conditions, exceptions and arbitration/law clause contained in the Charter Party between **PT. BHASKARA INTI SAMUDERA (as Owner)** and **PT. PELINDO ENERGI LOGISTIK (as Charterer)** dated on **16th September 2015** are deemed incorporated in this Bill of Lading.

IN WITNESS WHEREOF the Master has signed **3 (Three)** Bills of Lading of this tenor and date, one of which being accomplished, the others will be void.

Dated at **PT. JAWA SATU POWER TERMINAL** this **22nd day of November 2022**



Capt. AGUS SAIFUL BAHRI
Master


JAWA SATU POWER

PT. JAWA SATU POWER
Gedung Wisma Nusantara 26th Floor
Jalan M.H. Thamrin No. 59 Jakarta Pusat 10350

MANIFEST

013/BB-T9/PLN13/2022

NAME OF VESSEL	: TRIPUTRA	PORT OF LOADING	: FSRU JAWA SATU - SUBANG (JAWA BARAT - INDONESIA)
FLAG	: INDONESIA	CARGO NUMBER	: 013/BB-T9/PLN13/2022
MASTER	: CAPT. AGUS SAIFUL BAHRI	VOYAGE NUMBER	: 2215-PLN09 JSP09
CONSIGNORS	: PT. JAWA SATU POWER	PORT OF DISCHARGE	: BENOA, BALI
CONSIGNEES	: PT. PLN (Persero)	DATE	: NOVEMBER 22nd, 2022

CARGO DESCRIPTION	GROSS WEIGHT
<div>Grade : LNG</div> <div>22,413 m³</div> <div>506,414 MMBtu</div> <div>- Mtric Tons</div> <div>- Barrel</div> <div>Spec. Gravity : -</div> <div>Loading Temp. : -158.92 Deg.C</div>	<div>In Bulk : -</div> <div>Subang, 22nd November 2022</div> <div>MASTER</div> <div></div> <div>Capt. AGUS SAIFUL BAHRI</div>



PORT LOG

RF 02

54. VESSEL NAME TRIPUTRA 55. VOYAGE NO. 2215-PM99 SP99 56. CARGO NO. 017/18-19/PM13/2022 57. PORT TERUS PT. JSP 58. BERTH NO/TERMINAL TERUS PT. JSP
59. PREVIOUS PORT BERICIA (BAU) 60. NEXT PORT BERICIA (BAU) NAME OF MASTER CAPT. AGUS SAIFUL BAHU

	TIME	DATE	TIME	DATE	TIME	DATE	
1. ARRIVAL/END OF SEA PASSAGE E.O.P.	0630	15-Nov-22	18. START OPENING CUSTODY TRANSFER	1226	21-Nov-22	1315	22-Nov-22
2. NOTICE OF READINESS TENDERED	0605	21-Nov-22	19. FINISH OPENING CUSTODY TRANSFER	1227	21-Nov-22	1530	22-Nov-22
3. PILOT/NAV. ADVISOR ON BOARD/BAY	0930	21-Nov-22	20. OPEN B.O.G. VALVE	1408	21-Nov-22	1531	22-Nov-22
4. ESCORT VESSEL IN ATTENDANCE	0605	21-Nov-22	21. FINISH RIGGING OIL FENCE & WARNING BUOY	N/A	N/A	1540	22-Nov-22
5. LET GO ANCHOR	0915	15-Nov-22	22. START LOADING STORES	N/A	N/A	1610	22-Nov-22
6. ANCHOR AVERIGH	0600	21-Nov-22	23. FINISH LOADING STORES	N/A	N/A	1552	22-Nov-22
7. PRATIQUE GRANTED	0700	21-Nov-22	24. START LOADING UTILITIES(SFO/DQ/GC)	N/A	N/A	1557	22-Nov-22
8. TUGS IN ATTENDANCE	0850	21-Nov-22	25. FINISH LOADING UTILITIES(SFO/DQ/GC)	N/A	N/A		
9. FIRST LINE ASHORE	0930	21-Nov-22	26. START TRIP TEST(HOT)	1301	21-Nov-22		
10. ALL FAST	0930	21-Nov-22	27. FINISH TRIP TEST(HOT)	1306	21-Nov-22		
11. FIVE (FINISH WITH ENGINE)	N/A	N/A	28. START COOL DOWN ARM/HOSE	1315	21-Nov-22		
12. FINISH RIGGING GANG WAY	N/A	N/A	29. START TRIP TEST(COLD)	1532	21-Nov-22		
13. FINISH OXYGEN TEST	1124	21-Nov-22	30. FINISH TRIP TEST(COLD)	1534	21-Nov-22		
14. START ARM/HOSE CONNECTING(VAPOUR)	1129	21-Nov-22	31. START CARGO TRANSFER	1558	21-Nov-22		
15. FINISH ARM/HOSE CONNECTING(VAPOUR)	1157	21-Nov-22	32. FULL-DISCHARGING / LOADING	1620	21-Nov-22		
16. START ARM/HOSE CONNECTING(LIQUID)	1144	21-Nov-22	33. START TRANSFER SLOW DOWN	1255	22-Nov-22		
17. FINISH ARM/HOSE CONNECTING(LIQUID)			34. FINISH CARGO TRANSFER	1310	22-Nov-22		
			35. START PURGING (LIQUID/VAPOUR)	1355/1541	22-Nov-22		
			36. FINISH PURGING (LIQUID/VAPOUR)	1450/1445	22-Nov-22		

61. INWARD DELAYS
62. BERTH DELAYS
63. CARGO TRANSFER DELAYS

64. OUTWARD DELAYS

65. REMARKS
Loading Operation Started at 15:58 LT on 21st November 2022 - Finished at 13:10 LT on 22nd November 2022, Loading Time (21 H - 12 M), With Loading Rate (1057.201m3/hour)

TUGS USED INBOUND 07:00 LT - 09:30 LT, 21st November 2022. *ABIMARTYU II*
07:00 LT - 09:30 LT, 21st November 2022. *ABIMARTYU IV*

ARRIVAL DRAFT	DEPARTURE DRAFT	FWD	METERS	AFT	METERS	MEAN	METERS	BUNKER "L.S.F.O." (M/T)	ALL FAST	SHIP'S FIG RECEIVED	SHORE FIG RECEIVED	CAST OFF	"D.O." / "G.O." (M/T)	WATER (FW/BW/DW) (MT)
5.75	6.93	5.75	6.93	5.75	6.93	5.75	6.93	608.98	66	67	68	69	70. 68.66 / 71. 68.66 / 72. 68.66 / 73. 68.66	74. 84.00 / 75. 84.00 / 76. 84.00 / 77. 84.00

APPROVED AND CERTIFIED CORRECT
MASTER CAPT. AGUS SAIFUL BAHU
Rev. 01 (Jul-2021)

21/11/2022
TERMINAL

21/11/2022
SURVEILLOR

21/11/2022
BUYER REPRESENTATIVE



PORT LOG

RF 02

54. VESSEL NAME TROPUTRA 55. VOYAGE NO. 2215-PUB09-SP09 56. CARGO NO. 013/PUB-09/PUB09/2022 57. PORT TERGUS PT. ISP 58. BERTH NO/TERMINAL TERGUS PT. ISP
59. PREVIOUS PORT BENDIA (BAU) 60. NEXT PORT BENDIA (BAU) NAME OF MASTER CAPT. AGUS SAIRUL BAHRI

	TIME	DATE	TIME	DATE	TIME	DATE
1. ARRIVAL/END OF SEA PASSAGE E.O.P.	06:30	15-Nov-22	38. START OPENING CUSTODY TRANSFER	12:28	21-Nov-22	
2. NOTICE OF READINESS TENDERED	06:05	21-Nov-22	39. FINISH OPENING CUSTODY TRANSFER	12:27	21-Nov-22	
3. PILOT/NAV. ADVISOR ON BOARD/DAY	06:30	21-Nov-22	40. OPEN B.O.G. VALVE	14:08	21-Nov-22	
4. ESCORT VESSEL IN ATTENDANCE	06:05	21-Nov-22	41. FINISH DISCONNECTING LIQUID ARMA/HOSE	N/A	N/A	
5. LET GO ANCHOR	06:15	15-Nov-22	42. FINISH DISCONNECTING LIQUID ARMA/HOSE	N/A	N/A	
6. ANCHOR AWEIGH	06:00	21-Nov-22	43. FINISH DISCONNECTING VAPOUR ARMA/HOSE	N/A	N/A	
7. PRATIQUE GRANTED	06:00	21-Nov-22	44. PILOT ON BOARD	N/A	N/A	
8. TUGS IN ATTENDANCE	06:00	21-Nov-22	45. START UNRIGGING GANGWAY/OIL FENCES	13:01	21-Nov-22	
9. FIRST LINE ASHORE	06:30	21-Nov-22	46. FINISH UNRIGGING GANGWAY/OIL FENCES	13:06	21-Nov-22	
10. ALL FAST	07:00	21-Nov-22	47. S.B.E.(STAND BY ENGINE)	13:15	21-Nov-22	
11. FIVE (FINISH WITH ENGINE)	09:30	21-Nov-22	48. ALL LINES ABOARD	15:32	21-Nov-22	
12. FINISH RIGGING GANG WAY	N/A	N/A	49. TUGS AWAY	15:34	21-Nov-22	
13. FINISH OXYGEN TEST	N/A	N/A	50. LET GO ANCHOR	15:58	21-Nov-22	
14. START ARMA/HOSE CONNECTING(VAPOUR)	11:24	21-Nov-22	51. ANCHOR AWEIGHT	16:20	21-Nov-22	
15. FINISH ARMA/HOSE CONNECTING(VAPOUR)	11:29	21-Nov-22	52. PILOT AWAY	13:10	22-Nov-22	
16. START ARMA/HOSE CONNECTING(LIQUID)	11:07	21-Nov-22	53. DEPARTURE/START OF PASSAGE/FAO	13:55/15:41	22-Nov-22	
17. FINISH ARMA/HOSE CONNECTING(LIQUID)	11:44	21-Nov-22		14:50/14:05	22-Nov-22	

61. INWARD DELAYS NIL
62. BERTH DELAYS NIL
63. CARGO TRANSFER DELAYS NIL

64. OUTWARD DELAYS NIL

65. REMARKS Leading Operation Started at 15:58 LT on 21st November 2022. Finished at 13:10 LT on 22nd November 2022. Loading Time (21 H - 12 M). With Loading Rate (1057.20 m3/Hour)

TUGS USED INBOUND 07:00 LT - 09:30 LT, 21st November 2022, "ABIMANYU IV" TUGS USED OUTBOUND 18:17 - 19:15, 22 November 2022, "ABIMANYU II"
07:00 LT - 09:30 LT, 21st November 2022, "ABIMANYU IV" 18:17 - 19:15, 22 November 2022, "ABIMANYU IV"

ARRIVAL DRAFT				DEPARTURE DRAFT			
PWD	5.75	METERS	FWD	6.93	METERS	SHIP'S PIG RECEIVED	A
AFT	5.75	METERS	AFT	6.93	METERS	SHORE PIG RECEIVED	B
MEAN	5.75	METERS	MEAN	6.93	METERS	SHIP'S PIG RECEIVED	C
						SHORE PIG RECEIVED	D

APPROVED AND CERTIFIED CORRECT
MASTER CAPT. AGUS SAIRUL BAHRI
TERMINAL TERGUS PT. ISP
SURVEYOR NOVATI
BUYER REPRESENTATIVE AGUS

NOTICE OF READINESS

To KONSORSIUM MIDSTREAM LNG BALI Port TERSUS PT. JSP
 Date 21st November 2022
 Time 06:05 (LOCAL)
 Cargo No. 013/BB-T9/PLN13/2022 Voyage No. 2215-PLN09 JSP09
 Ship's Name TRIPUTRA Call Sign YBLD2

Hereby tender you the above named vessel at :

LAT 06 - 09.4 S LONG 107 - 55.7 E

as being in all respects ready in accordance with the LNG Sales Contract,
 to proceed to Berth at

TERSUS PT. JSP

and to commence loading / ~~discharging~~ LNG cargo.

Signed


 CAPT. AGUS SAIFUL BAHRI
 Master

RECEIVED:

Date 21st November 2022
 Time 09:30 (LOCAL)
 BY LUKMAN RACHMAN

* Received shall be deemed accepted as noted below.

CARGO TANK TEMPERATURES

VESSEL TRIPUTRA VOYAGE NO. 2215-PLN09 JSP09 PORT TERSUS PT. JSP
 CARGO NO. 013/BB-T9/PLN13/2022 PREVIOUS PORT BENOA (BALI) NEXT PORT BENOA (BALI)

A. NORMAL CALL

Time of measurement : 09:30 Date : 21st November 2022

	Bottom Tank Temperature	Middle Tank Temperature	Low Tank Temperature	Top Tank Temperature	Mean Temperature
Cargo Tank no. 1	<u>-159.05</u>	<u>-118.58</u>	<u>-159.15</u>	<u>-114.64</u>	<u>-137.86</u>
Cargo Tank no. 2	<u>-157.86</u>	<u>-125.01</u>	<u>-152.79</u>	<u>-119.79</u>	<u>-138.86</u>
Cargo Tank no. 3	<u>-157.43</u>	<u>-141.15</u>	<u>-151.97</u>	<u>-136.18</u>	<u>-146.68</u>

B. COOL DOWN CALL

Time when Temperature reaches minus 110°C

Cargo Tank no. 1 : - Date : -
 Cargo Tank no. 2 : - Date : -
 Cargo Tank no. 3 : - Date : -

Date : 21st November 2022

Signed : CAPT. AGUS SAIFUL BAHRI
 Master

Signed : S. RUDY SURYAWAN
 Chief Officer

FORM OF CERTIFICATE OF LOADING

REFERENCE NO. : 421
SHIP NAME : TRIPUTRA
PORT NAME : TERSUS PT. JSP
VOYAGE NO. : 2215-PLN09 JSP09
CARGO NO. : 013/BB-T9/PLN42/2022
13

BUYER : PT PERTAMINA(PERSERO)
TERMINAL : FSRU JAWA SATU

OPENING CTM

DATE : 21-11-2022
TIME : 12:26

TRIM (METERS) : 0.05 BY STERN
LIST (DEG.) : 0.0

AVERAGE LEVEL	(M)	TANK 1	TANK 2	TANK 3	TOTAL/AVERAGE
TRIM CORRECTION	(M)	0.472	0.129	0.117	
LIST CORRECTION	(M)	-0.003	-0.003	-0.003	
CORRECTED LEVEL	(M)	0.000	0.000	0.000	
LIQUID VOLUME	(CUB.M)	0.469	0.126	0.114	
TOTAL LIQUID VOLUME (CUB.M AT -160 DEG.C.)		85.004	54.984	49.741	189.729
AVG. VAPOR TEMP. (DEG.C.)					85.004
AVG. LIQUID TEMP. (DEG.C.)					-110.1
AVG. VAPOR PRESSURE (mmHgA)					-159.1
					862

CLOSING CTM

DATE : 22-11-2022
TIME : 15:31

TRIM (METERS) : 0.04 BY STERN
LIST (DEG.) : 0.0

AVERAGE LEVEL	(M)	TANK 1	TANK 2	TANK 3	TOTAL/AVERAGE
TRIM CORRECTION	(M)	16.414	16.404	16.406	
LIST CORRECTION	(M)	-0.003	-0.003	-0.003	
CORRECTED LEVEL	(M)	0.000	0.000	0.000	
LIQUID VOLUME	(CUB.M)	16.411	16.401	16.403	
TOTAL LIQUID VOLUME (CUB.M AT -160 DEG.C.)		6,105.200	8,196.257	8,196.203	22,497.660
AVG. VAPOR TEMP. (DEG.C.)					-66.5
AVG. LIQUID TEMP. (DEG.C.)					-158.9
AVG. VAPOR PRESSURE (mmHgA)					896
TRANSFERRED VOLUME (CUB.M AT -160 DEG.C.)					22,307.934
TRANSFERRED VOLUME (CUB.M AT -160 DEG.C.)					22,308
					22,412.656
					22,413

SHIP'S MASTER

Capt. Agus Saiful Bahri

REPRESENTATIVE OF SELLER

Lukman Rachman

JAWA SATU POWER
TERMINAL

REPRESENTATIVE OF BUYER

Fachrul

SURVEYOR

NOR WAHD

**CERTIFICATE OF MEASUREMENT OF VOLUME
BEFORE LOADING / UNLOADING**

SHIP VOYAGE NO.	421	VOY. NO	2215-PLN09 JSP09
DATE	21st November 2022	CARGO NO.	013/BB-T9/PLN13/2022
TIME(START)	12:26	DRAFT FORE	5 M 73 CM
SHIP	TRIPUTRA	AFT	5 M 78 CM
PORT	TERSUS PT. JSP	TRIM	0 M 5 CM FORE/AFT
CHIEF OFFICER	S. RUDY SURYAWAN	LIST	0.0 DEG PORT/STBD

AVERAGE VAPOR TEMP.	-110.1	DEG C
AVERAGE LIQUID TEMP.	-159.1	DEG C

TANK NO.	TANK 1	TANK 2	TANK 3
VAPOR PRESSURE (KPaA)	114.9	114.9	114.8
AVERAGE VAPOR PRESS	114.9 Kpa x 7.5006 = 862 (mmHgA)		

AVERAGE LEVEL	0.472	0.129	0.117
DENSITY CORRECTION	-	-	-
TAPE CORRECTION	-	-	-
TRIM CORRECTION	-0.003	-0.003	-0.003
LIST CORRECTION	0.000	0.000	0.000
CORRECTED LEVEL	0.469	0.126	0.114
VOLUME FROM TABLE	85.004	NIL	NIL
TOTAL LIQUID VOLUME	85.004 (M ³)		

VOLUME BEFORE LOADED / UNLOADED	85.004 (M ³)
---------------------------------	--------------------------

MASTER CAPT. AGUS SAIFUL BAHRI

CHIEF OFFICER S. RUDY SURYAWAN

TERMINAL'S REPRESENTATIVE *Lueman. n*

BUYER'S REPRESENTATIVE *for Eerh*

INDEPENDENT SURVEYOR *Eerh*

REMARK :

**CERTIFICATE OF MEASUREMENT OF VOLUME
AFTER LOADING / UNLOADING**

SHIP VOYAGE NO.	421	VOY. NO	2215-PLN09 JSP09
DATE	22nd November 2022	CARGO NO.	013/BB-T9/PLN13/2022
TIME(START)	15:30	DRAFT FORE	6 M 91 CM
SHIP	TRIPUTRA	AFT	6 M 95 CM
PORT	TERSUS PT. JSP	TRIM	0 M 4 CM FORE/AFT
CHIEF OFFICER	S. RUDY SURYAWAN	LIST	0.0 DEG PORT/STBD

AVERAGE VAPOR TEMP.	-66.5	DEG C
AVERAGE LIQUID TEMP.	-158.9	DEG C

TANK NO.	TANK 1	TANK 2	TANK 3
VAPOR PRESSURE (KPaA)	119.5	119.5	119.4
AVERAGE VAPOR PRESS	119.5 Kpa x 7.5006 = 896 (mmHgA)		

AVERAGE LEVEL	16.414	16.404	16.406
DENSITY CORRECTION	-	-	-
TAPE CORRECTION	-	-	-
TRIM CORRECTION	-0.003	-0.003	-0.003
LIST CORRECTION	0.000	0.000	0.000
CORRECTED LEVEL	16.411	16.401	16.403
VOLUME FROM TABLE	6,105.200	8,196.257	8,196.203
TOTAL LIQUID VOLUME	22,497.660		(M ³)

VOLUME BEFORE (SHEET)	85.004	(M ³)
VOLUME AFTER (SHEET)	22,497.660	(M ³)
VOLUME LOADED / UNLOADED	22,412.656	(M ³)

(NOTE : USED ONLY AFTER LOADING / UNLOADING-SHEET 2)

MASTER CAPT. AGUS SAIFUL BAHRI

CHIEF OFFICER S. RUDY SURYAWAN

TERMINAL'S REPRESENTATIVE LUHAN R

BUYER'S REPRESENTATIVE HACHRUL

INDEPENDENT SURVEYOR NIK WAHYU

REMARK :



MINISTRY OF MARITIME AFFAIRS AND FISHERIES
GOVERNMENT OF BANGLADESH

CARGO MONITORING RECORD

LOADING [] RF 04

VESSEL NAME **TRIPUTRA**

2215-PLU09 JSP09

CARGO NO. **013/BK-TY/PLM13/2022**

PORT

TERSUS PT JSP

DATE

21st - 22nd November 2022

HOURS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

21st Nov 2022																
12:00T																
TIMES OF READING	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	
Quantity loaded Cumulative	m3	85	1,042	2,113	3,229	4,300	5,397	6,479	7,570	8,643	9,728	10,822	11,867	12,929	13,967	15,013
Leading Rate	m3	-	1,042	1,091	1,097	1,070	1,097	1,082	1,091	1,073	1,085	1,094	1,045	1,062	1,038	1,046

22nd Nov 2022																
HD Compressor 1	Start/Stop															
Current	Amper															
Suction	Press															
Delivery	Temp															
Intake Valve	Angle															

22nd Nov 2022																
HD Compressor 2	Start/Stop															
Current	Amper	14.09	255	255	241	233	221	205	206	207	210	211	211	212	213	215
Suction	Press	8.5	9.4	8.7	8.3	8.5	9.1	10.1	10.4	10.5	11.0	11.1	11.3	11.6	11.5	11.8
Delivery	Temp	-106.5	-108.6	-109.1	-110.5	-110.4	-110.4	-111.5	-111.9	-115.0	-115.9	-117.4	-118.1	-119.0	-121.6	-123.5
Intake Valve	Angle	59.1	62.4	63.1	62.1	60.1	58.3	60.3	61.5	62.8	64.1	65.3	66.3	67.5	68.5	70.3

22nd Nov 2022																
Return Vapour	Press	58.0	61.0	62.0	61.0	59.0	57.0	60.0	61.0	63.0	64.0	65.0	66.0	67.0	68.0	70.0
	Temp.	-73.0	-75.6	-76.3	-78.2	-79.0	-79.6	-80.5	-80.9	-85.2	-85.2	-86.4	-87.0	-87.7	-90.4	-92.3

REMARKS AND DELAYS

FROM	TO	REASON FOR STOPS AND DELAYS	PRINCIPLE EVENTS	DATE	TIME	DURATION	REASON FOR DELAYS BETWEEN
		Commenced to complete loading	Washed all feet Loading arms connected Commenced cool-down Completed cool-down Commenced loading Commenced cargo measurement Completed cargo measurement Liquid arms disconnected All lines aboard				

Signed **S. RUDY S. N. MAN** Chief Officer

Signed **CAPT. AGUS SARTUL BAHRI** Master

Date **22nd November 2022**



PT. RUDYATAMA
KORPORASI KAYU BALU

CARGO MONITORING RECORD

LOADING RF-04

TRIPUTRA

2215-PLN09 JSPO9

CARGO NO.

013/BB-19/PLN13/2022

PORT

TESSUS PT.JSP

DATE

21st - 22nd November 2022

HOURS

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

15:48 LT
08th Nov 2022

TIMES OF READING		08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	CLOSING CTM												
Quantity loaded Cumulative	m3	17,101	18,144	19,180	20,202	21,228	22,271	22,413												
loading Rate	m3	1,056	1,043	1,036	1,022	1,026	1,042													

HD Compressor 1		Start/Stop																		
Current	Amp																			
Suction	Press																			
Delivery	Press																			
Inlet Filter Valve	Angle																			

HD Compressor 2		Start/Stop																		
Current	Amp	221	224	226	228	205	286	1314												
Suction	Press	12.5	12.6	12.7	12.9	10.4	10.0													
Delivery	Press	126.2	127.2	129.0	130.5	83.6	82.3													
Inlet Filter Valve	Angle	72.1	70.1	70.3	70.4	83.6	82.3													

Return Vapour	Press	72.0	70.0	70.0	70.0	83.0	75.0													
	Temp.	-94.3	-96.3	-98.1	-99.7	-103.6	-108.5													

REMARKS AND DELAYS

FROM	TO	REASON FOR STOPS AND DELAYS	PRINCIPLE EVENTS	DATE	TIME	DURATION	REASON FOR DELAYS BETWEEN
		Completed to Completed Loading	Used At Fast Loading arms connected Commence coooldown Completed coooldown Commence loading Commence cargo measurement Completed cargo measurement Liquid arms disconnected All Lines closed				

Signed S. RUDYATAMA Chief Officer

Signed CAPT. AGUS SUDHARMA Master

Date 22 November 2022

CARGO NO. 013/BB-T9/PLN13/2022

FORE	<u>6.04</u>	AFT	<u>6.04</u>
FORE	<u>6.02</u>	AFT	<u>6.02</u>

[illegible]

DEFINITIONS / DELAYS / DEVIATIONS

[illegible]

Comments (Include Clarification From remarks Section)

SHOWN


 CAPT JAMES SYLVIA BABIN
 MASTER

20478

21st November 2022

PT. SUPERINTENDING COMPANY OF INDONESIA

REPORT INDEX	
--------------	---

VESSEL	:	TRIPUTRA	TERMINAL / PORT	:	PT.JAWA SATU POWER
CARGO NO.	:	0013/BB-T9/PLN13/2022	DATE	:	NOVEMBER 21 - 22, 2022

REPORT NO. : 013/JSP/HPL-TP/XI/2022

	Page
1. TIME LOG OF LOADING	1
2. VERIFICATION BEFORE LOADING (RADAR)	1
3. VERIFICATION AFTER LOADING (RADAR)	1
4. VESSEL QUANTITY REPORT	1
5. REPORT OF ANALYSIS	1
6. LNG CALCULATION SHEET	1

PT. Sucofindo

Name : Nur Wahid

Signature :



PT. SUPERINTENDING COMPANY OF INDONESIA



TIME LOG OF LOADING

VESSEL : TRIPUTRA
 TERMINAL/PORT : TERSUS PT. JAWA SATU POWER
 DATE : NOVEMBER 21 - 22, 2022
 CARGO NO. : 0013/BB-T9/PLN13/2022

AT LOADING

	Date	Time
Vessel Arrived	November 15, 2022	07:00
N.O.R Tendered	November 21, 2022	09:15
Pilot On Board	November 21, 2022	06:05
Fist Line	November 21, 2022	08:50
All Fast	November 21, 2022	09:30
Surveyor on Board	November 21, 2022	09:20
N.O.R Accepted	November 21, 2022	09:30
Commenced Connection of Vapor Hose	November 21, 2022	11:24
Completed Connection of Vapor Hose	November 21, 2022	11:29
Commenced Connection of Liquid Hose	November 21, 2022	11:07
Completed Connection of Liquid Hose	November 21, 2022	11:44
Opening Custody Transfer Inspection	November 21, 2022	12:26
Commenced Cool down of Loading Hose	November 21, 2022	13:15
Complete Cool down of Loading Hose	November 21, 2022	15:30
Commenced Loading Of Cargo	November 21, 2022	15:58
Maximum Rate	November 21, 2022	16:20
Rate Down	November 22, 2022	12:55
Completed Loading Of Cargo	November 22, 2022	13:10
Commenced Disconnection of Liquid Hose	November 22, 2022	15:40
Completed Disconnection of Liquid Hose	November 22, 2022	16:10
Commenced Disconnection of Vapor Hose	November 22, 2022	15:52
Completed Disconnection of Vapor Hose	November 22, 2022	15:57
Closing Custody Transfer Inspection	November 22, 2022	15:30
Document on Board	November 22, 2022	16:50
Closing Meeting at Ship's Side	November 22, 2022	16:30
Surveyor Left Vessel	November 22, 2022	17:00
Vessel Unberth	November 22, 2022	19:00
E.T.A Next. Port	November 25, 2022	

Remarks:

Terminal Representative

Lukman Rachman

Master / Chief Officer

Capt. Agus Saiful Bahri

PT. SUCOFINDO

Nur Wahid

PT. SUPERINTENDING COMPANY OF INDONESIA



VERIFICATION ON THE MEASUREMENT OF VOLUME FOR LNG LOADING

VESSEL : TRIPUTRA
 TERMINAL / PORT : TERSUS PT. JAWA SATU POWER
 DATE & TIME : November 21, 2022 12:26
 CARGO NO. : 0013/BB-T9/PLN13/2022
 TRIM : 0.05 BY STERN
 LIST : 0.00 EVENKEEL
 BEFORE LOADING
 (RADAR)

TANK NUMBER		1		2		3		4		5	
TEMPERATURE		LIQ	VAP	LIQ	VAP	LIQ	VAP	LIQ	VAP	LIQ	VAP
A	T1		-51.79		-55.19		-59.61				
	T2		-112.58		-117.87		-131.56				
	T3		-116.51		-123.17		-138.28				
	T4				-152.32		-151.85				
B	AVERAGE TEMPERATURE	-159.13		-159.13		°C	VAPOUR	-110.07			°C
C	PRESSURE	1,149		1,149		1,148					
D	AVERAGE PRESSURE	1,149		mbar							

LEVEL m	TANK 1	TANK 2	TANK 3	TANK 4	TANK 5
E 1ST	0.473	0.129	0.117		
2ND	0.472	0.129	0.117		
3RD	0.471	0.129	0.117		
4TH	0.474	0.129	0.117		
5TH	0.472	0.129	0.117		
F AVERAGE LEVEL	0.472	0.129	0.117		
G S.G. CORRECTION*					
H TEMP CORRECTION*					
I TRIM CORRECTION*	-0.003	-0.003	-0.003		
J LIST CORRECTION*	0.000	0.000	0.000		
K CORRECTED LEVEL	0.469	0.126	0.114		
L VOL. FROM SOUNDING TABLE	85.004	0.000	0.000		
M TOTAL VOLUME			85.004 m3		
N THERMAL EXPANSION FACTOR					
O FINAL CORRECTED VOLUME			85.004 m3		

REMARKS:

C = CAPACITANCE
 F = FLOAT
 *DELETE AS INAPPLICABLE

Terminal Representative

LUKMAN RACHMAN
 TERSUS PT. JAWA SATU POWER
 TERMINAL

Master / Chief Officer

CAPT. AGUS SAKUL BARLI
 TRIPUTRA
 PT. SUPERINTENDING COMPANY OF INDONESIA

PT. SUCOFINDO

NUR WAHID
 SUCOFINDO

PT. SUPERINTENDING COMPANY OF INDONESIA



VERIFICATION ON THE MEASUREMENT OF VOLUME FOR LNG LOADING

VESSEL : TRIPUTRA
 TERMINAL / PORT : TERSUS PT. JAWA SATU POWER
 DATE & TIME : November 22, 2022 15:30
 CARGO NO. : 0013/BB-T9/PLN13/2022
 TRIM : 0.04 BY STERN
 LIST : 0.00 EVENKEEL
 AFTER LOADING
 (RADAR)

TANK NUMBER		1		2		3		4		5	
TEMPERATURE		LIQ	VAP	LIQ	VAP	LIQ	VAP	LIQ	VAP	LIQ	VAP
A	T1		-65.33		-67.62		-66.65				
	T2	-158.89		-158.90		-158.96					
	T3	-158.88		-158.87		-158.94					
	T4	-158.93		-158.95		-158.99					
B	AVERAGE TEMPERATURE	LIQUID	-158.92	°C		VAPOUR			-66.53	°C	
C	PRESSURE (kPaA)	1,195		1,195		1,194					
D	AVERAGE PRESSURE	1,195		mbar							

LEVEL	m	TANK 1	TANK 2	TANK 3	TANK 4	TANK 5
E 1ST	16.418	16.418	16.418			
2ND	16.413	16.397	16.397			
3RD	16.417	16.397	16.402			
4TH	16.404	16.408	16.401			
5TH	16.419	16.404	16.410			
F AVERAGE LEVEL	16.414	16.404	16.406			
G S.G. CORRECTION*						
H TEMP CORRECTION*						
I TRIM CORRECTION*	-0.003	-0.003	-0.003			
J LIST CORRECTION*	0.000	0.000	0.000			
K CORRECTED LEVEL	16.411	16.401	16.403			
L VOL. FROM SOUNDING TABLE	6,105.200	8,196.257	8,196.203			
M TOTAL VOLUME			22,497.660 m3			
N THERMAL EXPANSION FACTOR						
O FINAL CORRECTED VOLUME			22,497.660 m3			

VOLUME *BEFORE LOADING (SHEET 1/2)

85.004 m3

VOLUME *AFTER LOADING (SHEET 2/2)

22,497.660 m3

VOLUME *LOADING

22,413 m3

REMARKS:

C = CAPACITANCE
 F = FLOAT
 *DELETE AS INAPPLICABLE

Terminal Representative

LUKMAN RACHMAN
 TERSUS PT. JAWA SATU POWER
 TERMINAL

Master / Chief Officer

CAPT. AGUS SALIM BAHRI
 TERSUS PT. JAWA SATU POWER
 MASTER

PT. Sucofindo

NUR WAHID
 PT. SUCOFINDO

REPORT OF ANALYSIS

VESSEL : TRIPUTRA
 TERMINAL/PORT : TERSUS PT. JAWA SATU POWER
 DATE & TIME : NOVEMBER 21 - 22, 2022 16.20 - 12.55
 CARGO NO. : 0013/BB-T9/PLN13/2022

1. DESCRIPTION

SAMPLE DESIGNATION : Retention
 TERTING EQUIPMENT : In Line GC

2. ANALYSIS

COMPONENT	METHOD	LNG LOADED	
METHANE (CH ₄)	GPA 2261	96.66	% mol
ETHANE (C ₂ H ₆)	GPA 2261	2.48	% mol
PROPHANE (C ₃ H ₈)	GPA 2261	0.51	% mol
ISOBUTANE (I-C ₄ H ₁₀)	GPA 2261	0.10	% mol
N-BUTANE (N-C ₄ H ₁₀)	GPA 2261	0.13	% mol
ISOPENTANE (I-C ₅ H ₁₂)	GPA 2261	0.02	% mol
N-PENTANE (N-C ₅ H ₁₂)	GPA 2261	0.00	% mol
N-HEXANE (N-C ₆ H ₁₄)	GPA 2261	0.00	% mol
NITROGEN (N ₂)	GPA 2261	0.10	% mol
OXYGEN (O ₂)	GPA 2261	0.00	% mol
CARBONDIOX (CO ₂)	GPA 2261	0.00	% mol
TOTAL SULFUR		-	
HYDROGEN SULFIDE		-	
MERCAPTAN		-	
CARBONYL SULFIDE		-	
MERCURY		-	

Terminal Representative



Lukman Rachman

PT. Sucofindo



Nur Wahid

PT. SUPERINTENDING COMPANY OF INDONESIA



VESSEL : TRIPUTRA
TERMINAL/PORT : TERSUS PT. JAWA SATU POWER
DATE : NOVEMBER 21 - 22, 2022
CARGO NO. : 0013/BB-T9/PLN13/2022

Vessel Quantity Report

At LOADING

	LIQUID VOLUME -	MMBtu
GROSS LOADED	22,413	
NETT QUANTITY LOADED		506,414

SAMPLE SOURCE : ____ N/A

DENSITY	KG/M3
	430.99

Remarks:

Terminal Representative


TERMINAL
Lukman Rachman

PT. Sucofindo


SUCOFINDO
Nur Wahid

PT. SUPERINTENDING COMPANY OF INDONESIA

LNG CALCULATION SHEET



VESSEL : TRIPUTRA
 TERMINAL : TERSUS PT. JAWA SATU POWER
 DATE : NOVEMBER 21 - 22, 2022

CARGO NO. 0013/BB-T9/PLN13/2022

1. CALCULATION OF LNG DENSITY AND GROSS HEATING VALUE

Component	Molar Fraction (X _i)	Molecular Weight (M _i)	Molecular Mass (X _i * M _i)	Molar Volume (V _i)	Cubic M/ KG-Mole (X _i * V _i)	(H _i) MJ / KG (15 °C)	(X _i * M _i * H _i)
CH ₄	0.9666	16.0425	15.5066805	0.038301	0.0370217	55.575	861.783769
C ₂ H ₆	0.0248	30.0690	0.7457112	0.048036	0.0011913	51.951	38.740443
C ₃ H ₈	0.0051	44.0956	0.2248876	0.062597	0.0003192	50.369	11.327362
I-C ₄ H ₁₀	0.0010	58.1222	0.0581222	0.078464	0.0000785	49.388	2.870539
N-C ₄ H ₁₀	0.0013	58.1222	0.0755589	0.076981	0.0001001	49.546	3.743639
I-C ₅ H ₁₂	0.0002	72.1488	0.0144298	0.091841	0.0000184	48.950	0.706337
N-C ₅ H ₁₂		72.1488		0.091699		49.045	
N-C ₆ H ₁₄		86.1754		0.105013		48.715	
N ₂	0.0010	28.0134	0.0280134	0.047900	0.0000479		
O ₂		31.9988		0.031732			
CO ₂		44.0095		0.027280			
Total =	1.0000		Σ(X _i * M _i) = 16.6534035	Σ(X _i * V _i) = 0.0387771		Σ(X _i * M _i * H _i) = 919.172088	

Vapor Temperature Before Loading (T_v) = -110.1 Deg. (C) X_m = 0.9666
 Vapor Pressure Before Loading (P) = 1,149 mbar X_n = 0.0010
 Liquid Temperature After Loading (T_L) = -158.9 Deg. (C) K₁ = 0.000138
 Loaded Volume (V) = 22,413 m³ K₂ = 0.000324

Density (d) = Σ(X_i * M_i) / [Σ(X_i * V_i) - ((K₁ + (K₂ - K₁) * X_m / 0.0425) * X_m)] = 430.99 Kg/m³.

H_m = Σ(X_i * M_i * H_i) / Σ(X_i * M_i) = 55.1942 MJ/Kg
 H_v = 1.13285 * Σ (X_i * M_i * H_i) = 1,041.3 Btu/Scf

2. CALCULATION OF DISPLACED GAS GROSS HEATING VALUE

Component	K _i	Y _i = K _i * X _i	Corrected Y _i	GCV _i MJ/ m ³ (15 °C)	Y _i * GCV _i
CH ₄	1.000	0.9666	0.9767	37.7080	36.827
C ₂ H ₆	0.005	0.0001	0.0001	66.0700	0.007
C ₃ H ₈				93.9400	
I-C ₄ H ₁₀				121.4000	
N-C ₄ H ₁₀				121.7900	
I-C ₅ H ₁₂				149.3600	
N-C ₅ H ₁₂				149.6600	
N-C ₆ H ₁₄				177.5500	
N ₂	23.000	0.0230	0.0232		
O ₂					
CO ₂					
Total =		Σ(Y _i) = 0.9897240	1.0000	Σ(Y _i * GCV _i) = 36.834	

H_g = Σ (Y_i * GCV_i) = 36.834 MJ/ m³

3. ENERGY DELIVERED

Quantity Delivered = (V * d * H_m) / 1055.12 = 505,311 MMBtu
 Gas Consumed during Loading = 1,103 MMBtu
 Net Quantity Delivered = 506,414 MMBtu

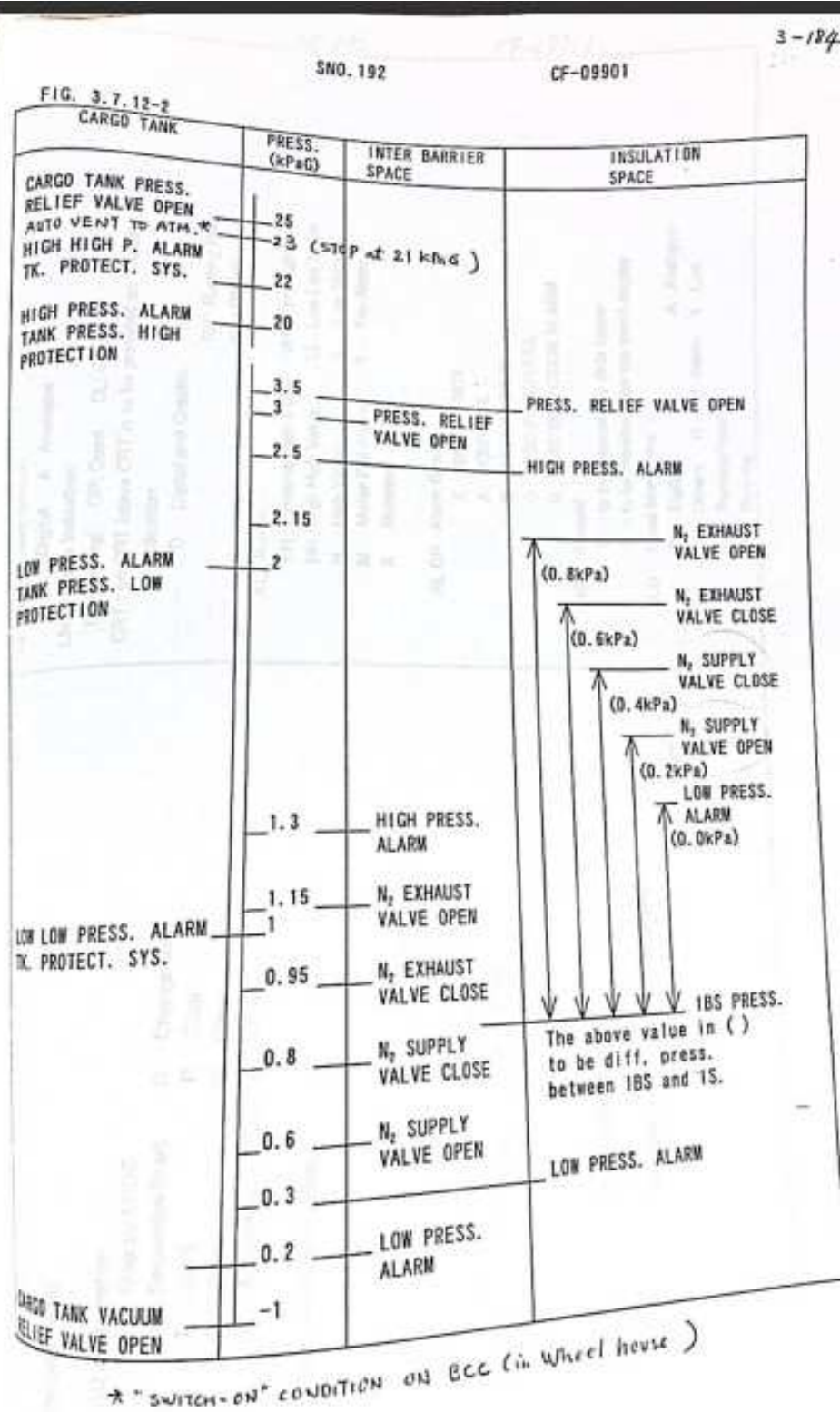
Terminal Representative

LUKMAN RACHMAN

PT. Sucofindo

NUR WAHID

Lampiran 10 Parameter cargo tank pressure



Lampiran 11 perhitungan t-tabel

df	Pr	0.25 0.50	0.10 0.20	0.05 0.10	0.025 0.050	0.01 0.02	0.005 0.010	0.001 0.002
1		1.00000	3.07768	6.31375	12.70620	31.82052	63.65674	318.30884
2		0.81650	1.88562	2.91999	4.30265	6.96456	9.92484	22.32712
3		0.76489	1.63774	2.35336	3.18245	4.54070	5.84091	10.21453
4		0.74070	1.53321	2.13185	2.77645	3.74695	4.60409	7.17318
5		0.72669	1.47588	2.01505	2.57058	3.36493	4.03214	5.89343
6		0.71756	1.43976	1.94318	2.44691	3.14267	3.70743	5.20763
7		0.71114	1.41492	1.89458	2.36462	2.99795	3.49948	4.78529
8		0.70639	1.39682	1.85955	2.30600	2.89646	3.35539	4.50079
9		0.70272	1.38303	1.83311	2.26216	2.82144	3.24984	4.29681
10		0.69981	1.37218	1.81246	2.22814	2.76377	3.16927	4.14370
11		0.69745	1.36343	1.79588	2.20099	2.71808	3.10581	4.02470
12		0.69548	1.35622	1.78229	2.17881	2.68100	3.05454	3.92963
13		0.69383	1.35017	1.77093	2.16037	2.65031	3.01228	3.85198
14		0.69242	1.34503	1.76131	2.14479	2.62449	2.97684	3.78739
15		0.69120	1.34061	1.75305	2.13145	2.60248	2.94671	3.73283
16		0.69013	1.33676	1.74588	2.11991	2.58349	2.92078	3.68615
17		0.68920	1.33338	1.73961	2.10982	2.56693	2.89823	3.64577
18		0.68836	1.33039	1.73406	2.10092	2.55238	2.87844	3.61048
19		0.68762	1.32773	1.72913	2.09302	2.53948	2.86093	3.57940
20		0.68695	1.32534	1.72472	2.08596	2.52798	2.84534	3.55181
21		0.68635	1.32319	1.72074	2.07961	2.51765	2.83136	3.52715
22		0.68581	1.32124	1.71714	2.07387	2.50832	2.81876	3.50499
23		0.68531	1.31946	1.71387	2.06866	2.49987	2.80734	3.48496
24		0.68485	1.31784	1.71088	2.06390	2.49216	2.79694	3.46678
25		0.68443	1.31635	1.70814	2.05954	2.48511	2.78744	3.45019
26		0.68404	1.31497	1.70562	2.05553	2.47863	2.77871	3.43500
27		0.68368	1.31370	1.70329	2.05183	2.47266	2.77068	3.42103
28		0.68335	1.31253	1.70113	2.04841	2.46714	2.76326	3.40816
29		0.68304	1.31143	1.69913	2.04523	2.46202	2.75639	3.39624
30		0.68276	1.31042	1.69726	2.04227	2.45726	2.75000	3.38518
31		0.68249	1.30946	1.69552	2.03951	2.45282	2.74404	3.37490
32		0.68223	1.30857	1.69389	2.03693	2.44868	2.73848	3.36531
33		0.68200	1.30774	1.69236	2.03452	2.44479	2.73328	3.35634
34		0.68177	1.30695	1.69092	2.03224	2.44115	2.72839	3.34793
35		0.68156	1.30621	1.68957	2.03011	2.43772	2.72381	3.34005
36		0.68137	1.30551	1.68830	2.02809	2.43449	2.71948	3.33262
37		0.68118	1.30485	1.68709	2.02619	2.43145	2.71541	3.32563
38		0.68100	1.30423	1.68595	2.02439	2.42857	2.71156	3.31903
39		0.68083	1.30364	1.68488	2.02269	2.42584	2.70791	3.31279
40		0.68067	1.30308	1.68385	2.02108	2.42326	2.70446	3.30688