

KARYA ILMIAH TERAPAN
**ANALISIS PENYEBAB *HIGH PRESSURE TANK* PADA
SAAT *LOADING* LPG DI KAPAL GAS ATTACKA**



ANGGELIA MAHARANI

NIT : 09.21.003.2.05

Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA OPERASI KAPAL
TAHUN 2025

KARYA ILMIAH TERAPAN
ANALISIS PENYEBAB *HIGH PRESSURE TANK* PADA
SAAT *LOADING* LPG DI KAPAL GAS ATTACKA



ANGGELIA MAHARANI

NIT : 09.21.003.2.05

Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA OPERASI KAPAL
TAHUN 2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Anggelia maharani

Nomor Induk Taruna : 09.21.003.2.05

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul :

ANALISIS PENYEBAB *HIGH PRESSURE TANK* PADA SAAT *LOADING LPG* DI KAPAL GAS ATTAKA

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya

SURABAYA, 25 APRIL 2024



Anggelia Maharani

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : Analisis Penyebab *High Pressure Tank* Pada Saat *Loading* di Kapal Gas Attaka
Program Studi : Teknologi Rekayasa Operasi Kapal
Nama : Anggelia Maharani
NIT : 0921003205
Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan Uji Kelayakan Proposal

Surabaya, 18 Desember 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



(Sutoro, S.Si.T., M.Pd.)

Penata TK. I (III/d)

NIP. 19751119 201012 1 001

Dosen Pembimbing II



(Dr. Elly Kusumawati, S.H., M.H.)

Penata TK. I (III/d)

NIP. 19811112 200502 2 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal



(Anak Agung Istri Sri Wahyuni, S.SiT., M.,Sda.)

Penata TK. I (III/d)

NIP. 19781217 200502 2 001

**PERSETUJUAN SEMINAR
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : Analisis Penyebab *High Pressure Tank* Pada Saat *Loading* di Kapal Gas Attaka
Program Studi : Teknologi Rekayasa Operasi Kapal
Nama : Anggelia Maharani
NIT : 0921003205
Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan Seminar Hasil Tugas Akhir

Surabaya, 19 Mei 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



(Sutoyo, S.Si.T., M.Pd.)

Penata TK. I (III/d)

NIP. 19751119 201012 1 001



(Dr. Elly Kusumawati, S.H., M.H.)

Penata TK. I (III/d)

NIP. 19811112 200502 2 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal



(Capt. Upik Widyaningsih, M. Pd, M. Mar.)

Penata TK. I (III/d)

NIP. 19840411 200912 2 002

**PENGESAHAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**ANALISIS PENYEBAB *HIGH PRESSURE TANK* PADA SAAT *LOADING LPG*
DI KAPAL GAS ATTACKA**

Disusun oleh:

**ANGGELIA MAHARANI
NIT. 0921003205**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 18 Desember 2024

Mengesahkan,

Dosen Penguji I



(A. A. Istri Sri Wahyuni, S.Si.T., M.Sda.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP.19781217 200502 2 001

Dosen Penguji II



(Sutyo, S.Si., M.Pd.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP.19751119 201012 1 001

Dosen Penguji III



(Dr. Elly Kusumawati, S.H., M.H.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP.19811112 200502 2 001

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Rekayasa Operasi Kapal



(Capt. Upik Widyuningsih, M. Pd, M. Mar)
Penata Tk. I (III/d)
NIP.19840411 200912 2 002

**PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**ANALISIS PENYEBAB *HIGH PRESSURE TANK* PADA SAAT *LOADING LPG*
DI KAPAL GAS *ATTAKA***

Disusun oleh:

**ANGGELIA MAHARANI
NIT. 0921003205**

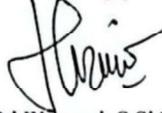
Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 19 Mei 2025

Mengesahkan,

Mengetahui,

Dosen Penguji I



(A. A. Istri Sri Wahyuni, S.Si.T., M.Sda)
Penata Tk. I (III/d)
NIP.19781217 200502 2 001

Dosen Penguji II



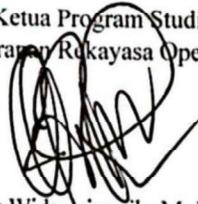
(Sutoyo, S.Si., M.Pd.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP.19751119 201012 1 001

Dosen Penguji III



(Dr. Elly Kusumawati, S.H., M.H.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP.19811112 200502 2 001

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Rekayasa Operasi Kapal



(Capt. Upik Widyaningsih, M. Pd, M. Mar)
Penata Tk. I (III/d)
NIP.19840411 200912 2 002

ABSTRAK

Anggelia Maharani, Analisis Penyebab *High Pressure Tank* Pada Saat *Loading* LPG di Kapal Gas Attaka. Politeknik Pelayaran Surabaya. Dibimbing oleh Bapak Sutoyo, S.Si.T., M.Pd.,M.Mar selaku pembimbing I dan Ibu Dr. Elly Kusumawati, S.H., M.H. selaku pembimbing II.

Penelitian ini bertujuan untuk: 1) Mengetahui faktor yang mengakibatkan *high pressure* di dalam tangki muatan selama proses *loading* LPG di kapal Gas Attaka. 2) Mengetahui langkah-langkah untuk mengatasi *high pressure* di dalam tangki muatan saat proses *loading* LPG di kapal Gas Attaka.

Peneliti melakukan penelitian pada saat praktek berlayar di kapal Gas Attaka selama 12 bulan. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode analisis kualitatif deskriptif dengan menggunakan sumber data primer dan sekunder serta teknik pengumpulan data yaitu observasi, wawancara dengan perwira jaga, dan dokumentasi. Dari hasil analisis data kemudian peneliti menggunakan *fishbone diagram* untuk mengetahui sebab dan akibat dari permasalahan yang akan diteliti.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadinya *high pressure* pada tangki muatan ketika *loading* bisa disebabkan karena adanya miskomunikasi antara kru kapal maupun dengan pihak darat, tidak dilaksanakannya prosedur memuat sesuai SOP, terjadinya kenaikan suhu sekitar, dan juga tidak dilaksanakannya sistem *vapour balance* baik dengan *cargo compressor* maupun dengan *reliequfaction system*. *Vapour* yang berlebih pada tangki muatan akan mempengaruhi tingginya temperature dan tekanan apabila tidak segera ditangani. Ada beberapa langkah yang harus dilakukan antara lain komunikasi aktif anatara pihak kapal dengan pihak darat, melaksanakan prosedur memuat sesuai SOP, melaksanakan *vapour balance* baik dengan *cargo compressor* maupun dengan *reliequfaction system* ketika terjadi kenaikan tekanan.

Kata Kunci : LPG, *high pressure tank*, *vapour balance*, kapal Gas Attaka, keselamatan operasional

ABSTRACT

Anggelia Maharani. Analysis of the Causes of High Pressure in Cargo Tanks During LPG Loading on the Gas Carrier Attaka. Mercant Marine Polytechnic of Surabaya. Supervised by Mr. Sutoyo, S.Si.T., M.Pd., M.Mar as Main Supervisor and Dr. Elly Kusumawati, S.H., M.H. as Co-Supervisor.

This This study aims to: 1) Determine the factors that cause high pressure in the cargo tank during the LPG loading process on the Attaka Gas Ship. 2) Determine the steps to overcome high pressure in the cargo tank during the LPG loading process on the Attaka Gas Ship..

The research was conducted during a 12-month onboard training period on the Gas Carrier Attaka. A qualitative descriptive analysis method was employed, using both primary and secondary data sources. Data collection techniques included direct observation, interviews with duty officers, and documentation. A fishbone diagram was utilized to analyze the root causes and effects of the identified issues.

The results of the study showed that the occurrence of high pressure in the cargo tank during loading could be caused by miscommunication between the ship's crew and the land side, the loading procedure was not carried out according to the SOP, an increase in ambient temperature, and also the vapor balance system was not implemented either with a cargo compressor or with a reliquefaction system. Excessive vapor in the cargo tank will affect the high temperature and pressure if not handled immediately. There are several steps that must be taken, including active communication between the ship and the land side, implementing loading procedures according to SOP, implementing vapor balance both with cargo compressors and with reliquefaction systems when there is a pressure increase..

Keywords: *LPG, high pressure tank, vapour balance, Gas Carrier Attaka, operational safety.*

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmanirrahiim sujud syukur saya persembahkan kepada Allah SWT karena atas berkah, rahmat serta karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan ini dengan judul : “**ANALISIS PENYEBAB HIGH PRESSURE TANK PADA SAAT LOADING LPG DI KAPAL GAS ATTACKA**”.

Sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada program Sarjana Terapan, Taruna diwajibkan menyusun Karya Ilmiah Terapan. Karya Ilmiah Terapan ini berfungsi sebagai bekal bagi Taruna dalam mempersiapkan diri untuk menjalani praktek laut atau kerja di atas kapal.

Dengan ini, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih dengan penuh penghargaan kepada semua pihak yang telah berperan dalam menyelesaikan penelitian ini, dengan hormat :

1. Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E. Yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada seluruh Taruna-Taruni Politeknik Pelayaran Surabaya.
2. Capt. Upik Widyaningsih, M.Pd, M.Mar yang telah memberikan arahan dan pembinaan kepada Taruna-Taruni Politeknik Pelayaran Surabaya, khususnya pada Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Operasi Kapal.
3. Pembimbing I Bapak Sutoyo, S.Si.T., M.Pd., M.Mar yang telah memberikan saran dan bimbingan terkait isi materi Karya Ilmiah Terapan kepada peneliti.
4. Pembimbing II Dr. Elly Kusumawati, S.H., M.H ini yang telah memberikan saran dan bimbingan terkait isi materi Karya Ilmiah Terapan kepada peneliti
5. Seluruh Dosen dan civitas akademika Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah mengarahkan peneliti.
6. Kedua orangtua saya Bapak Edi Sucipto dan Ibu Sunarti yang selalu mendukung saya secara moral dan material beserta kasih sayangnya.
7. Kepada nenek saya Sunarmi serta kedua adik saya Galuh dan Galih dan keluarga besar saya yang selalu memberikan doa dan semangat.
8. Terima kasih kepada teman-teman Angkatan XL dan sahabat terbaik saya Masnura At-Thahirah yang senantiasa memberikan semangat.
9. Terima kasih kepada seluruh *crew* kapal Gas Attaka dan PT PIS yang telah memberikan peluang kepada saya untuk melaksanakan praktek laut.
10. Serta pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu-persatu

Karena keterbatasan pengetahuan, kemampuan dan waktu, maka penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran untuk perbaikan Karya Ilmiah Terapan ini. Semoga Karya Ilmiah Terapan ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, 02 Februari 2025

Penulis

(Anggelia Maharani)

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN SEMINAR PROPOSAL.....	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL	iv
PENGESAHAN SEMINAR PROPOSAL	v
PENGESAHAN SEMINAR HASIL.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. RUMUSAN MASALAH	6
C. TUJUAN PENELITIAN	6
D. MANFAAT PENELITIAN.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. <i>REVIEW</i> PENELITIAN SEBELUMNYA	8

B. LANDASAN TEORI	10
C. KERANGKA PIKIR PENELITIAN.....	25
BAB III METODE PENELITIAN	26
A. JENIS PENELITIAN.....	26
B. TEMPAT/LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN.....	27
C. SUMBER DATA/SUBJEK PENELITIAN DAN TEKNIK PENGUMPULAN DATA	27
D. TEKNIK ANALISIS DATA.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
A. GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN.....	38
B. HASIL PENELITIAN.....	39
C. PEMBAHASAN	59
BAB V PENUTUP.....	75
A. SIMPULAN	75
B. SARAN	77
DAFTAR PUSTAKA.....	79
LAMPIRAN.....	81

DAFTAR TABEL

Tabel. 2.1 Review Penelitian	8
Tabel.3.1 Pemecahan Masalah.....	33
Tabel.4.1 Ship Particular Gas Attaka	39
Tabel.4.2 Tank Condition pukul 12:00 WIB Gas Attaka	44
Tabel.4.3 Data Wawancara C/O Gas Attaka	46
Tabel.4.4 Data Wawancara 2/O Gas Attaka.....	48
Tabel.4.5 Data Wawancara AB Gas Attaka.....	50
Tabel.4.6 Penyebab dan Penyelesaian Masalah	54
Tabel.4.7 Tank Condition Gas Attaka.....	66
Tabel.4.8 Karakteristik cargo compressor Gas Attaka	69
Tabel.4.9 Tank Condition Gas Attaka.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar.2.1 <i>Fully pressurized vessels</i> atau kapal bertekanan penuh	23
Gambar.2.2 <i>Semi-refrigated vessels</i> /kapal semi-berpendingin	24
Gambar.2.3 Fully refrigerated vessels/kapal berpendingin penuh	24
Gambar.3.1 Diagram Fishbone.....	33
Gambar.4.1 Gas Attaka.....	39
Gambar.4.2 Draft Kapal pada Tanker Time Sheet	41
Gambar.4.3 <i>Tank Inspection</i> Gas Attaka	42
Gambar.4.4 <i>Safety Meeting</i> Gas Attaka.....	43
Gambar.4.5 Tampilan Kondisi Tangki Kapal Gas Attaka	45
Gambar.4.6 Wawancara dengan <i>Chief Officer</i>	47
Gambar.4.7 Wawancara dengan <i>Second Officer</i>	49
Gambar.4.8 Cargo Compressor	52
Gambar.4.9 <i>Pipe Line Compressor</i>	52
Gambar .4.10 <i>Fishbone Diagram</i>	53
Gambar.4.11 Tampilan Kondisi Tangki Kapal Gas Attaka	57
Gambar.4.12 Tampilan cargo compressor Gas attaka	70
Gambar.4.13 Pressure gauge inlet cargo compressor Gas attaka.....	71
Gambar.4.14 Pressure gauge outlet cargo compressor Gas attaka.....	71
Gambar.4.15 <i>SOP cargo compressor</i> Gas Attaka	72
Gambar.4.16 <i>Deck water spray</i> Gas Attaka.....	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Loading Order Terminal.....	81
Lampiran 2 Ship Figure Before Loading Gas Attaka.....	82
Lampiran 3 <i>Tanker Time Sheet</i> Gas Attaka.....	83
Lampiran 4 Pressure and Temperature Log Gas Attaka.....	84

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Gas Petroleum Cair (LPG) termasuk senyawa berupa gas yang berasal dari minyak bumi dan berbentuk cair. LPG terdiri dari butana, propana, atau kombinasi keduanya, serta dapat tetap dalam bentuk cair pada tekanan relatif rendah, bernilai kurang dari 1,5 MPa. Penggunaan utama LPG adalah sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik, untuk keperluan industri seperti pemotongan logam, untuk keperluan rumah tangga seperti memasak.

Berdasarkan Kode IMDG (*International Maritime Dangerous Goods Code*), muatan berbahaya dikategorikan ke dalam sembilan kelas. Gas termasuk dalam kelas 2, di mana gas tersebut dikompresi dan kemudian dilarutkan dalam muatan. Pencairan pada senyawa gas terjadi jika molekul-molekulnya didorong lebih dekat satu sama lain. Molekul-molekul gas apapun cenderung berjauhan satu sama lain sedangkan molekul-molekul cairan relatif berdekatan.

Gas dapat diangkut dengan kapal yang dilengkapi ruang muat khusus serta mematuhi peraturan yang berlaku dalam *International Gas Carrier (IGC) Code*. *Tanks independent* merupakan salah satu dari ruang muat khusus dan pada umumnya tangki jenis ini berbentuk bulat atau prisma. Ada tiga kategori tipe *tanks independent* yaitu tipe tangki A, tipe tangki B, dan juga tipe tangki C. Tipe tangki untuk kapal dengan muatan LNG umumnya menggunakan tangki Tipe B. Tangki tipe A dan tangki tipe C digunakan pada kapal yang memuat LPG. Perbedaan antara jenis tipe tangki A dengan tipe tangki C yaitu pada

tekanan zat gas di dalamnya. Sepenuhnya *tanks independent* bersifat mandiri dan tidak menjadi bagian dari lambung/struktur kapal (hanya untuk menampung muatan). Akan tetapi, secara struktural tangki-tangki tersebut memberikan beban dan gaya yang harus disesuaikan dengan desain, sehingga mempengaruhi desain struktural pada kapal. Beberapa desain yang digunakan meliputi tangki silinder vertical, tangki prismatic, dan variasi pada desain bola dan membran.

Kapal muatan LPG dibagi menjadi 3 kategori yaitu kapal *fully refrigerated* (kapal bertekanan penuh), *semi-refrigerated* (kapal semi-bertekanan), dan *fully pressurized* (kapal berpendingin penuh). Kapal jenis *fully refrigerated* (kapal berpendingin penuh) kebanyakan menggunakan *tanks independent* prismatic tipe A dan dapat menahan tekanan hingga 0,7 barg dan dengan suhu minimum -48°C , sedangkan kapal jenis *semi refrigerated* (kapal semi-bertekanan) mampu menahan tekanan maksimal 6 hingga 7 bar dengan suhu minimum 10°C . Kapal jenis *fully pressurized* (kapal bertekanan penuh) dapat bekerja dengan tekanan antara 18 barg hingga 20 barg dan suhu minimum umumnya 0°C .

Salah satu kapal gas milik perusahaan PT Pertamina *International Shipping* yaitu Gas Attaka, berfungsi sebagai kapal pengangkut gas jenis LPG (*Liquefied Petroleum Gas*). MT Gas Attaka merupakan kapal jenis *fully pressurized* dan mampu membawa muatan hingga 3.966 m^3 dengan jenis muatan *butane* dan *propane* pada temperature 0°C sampai dengan 10°C dan bertekanan hingga 17,5 – 18 bar. Kapal jenis *fully pressurized* dapat mengangkut muatan berjenis gas pada terminal gas serta antar kapal atau *Ship to Ship* (STS). Jika pemuatan dilakukan dengan *Ship to Ship* (STS) maka secara umum, kapal jenis *fully pressurized* berlabuh di samping kapal *mother ship* atau

kapal yang mensupply muatan dan sebagian besar adalah kapal berpendingin penuh/*fully refrigerated*.

Kapal jenis *fully pressurized* (kapal bertekanan penuh) dan pada umumnya membawa muatan dengan suhu pada tangki sama besar/sesuai dengan suhu yang berada dilingkungan luar tangki atau biasa disebut dengan *ambient temperature*. Hal ini terjadi karena temperatur yang ada di dalam tangki kapal berbanding lurus dengan temperatur lingkungan. Karena kapal jenis *fully pressurized* beroperasi pada suhu lingkungan (*ambient temperature*), maka jika terjadi peningkatan suhu di dalam tangki muatan secara otomatis dapat mengakibatkan tingginya *pressure* dalam tangki atau biasa disebut dengan *high pressure*.

Salah satu kasus terkait *high pressure* pernah terjadi pada kapal LPG/C Gas Nuri Arizona yang memiliki tipe serta ukuran hampir mirip dengan LPG/C Gas Attaka. Tingginya *pressure (high pressure)* dan temperatur di dalam tangki Kapal Gas Nuri Arizona terjadi pada saat proses *loading* dengan kapal jenis *fully refrigerated* yaitu VLGC Rubra atau biasa disebut dengan *loading* secara *Ship to Ship*. Peristiwa itu terjadi di Situbondo, Jawa Timur pada saat melaksanakan STS di Kalbut tanggal 3 Januari 2021. Terjadinya kenaikan *high pressure* disebabkan karena kurangnya pemahaman awak kapal untuk menurunkan tekanan pada muatan yang mengalami *high pressure tank* pada saat proses *loading* berlangsung. *Second officer* sebagai perwira jaga cargo pada jam jaga tersebut melakukan dinas jaga bersama juru mudi/*able seaman* yang sebelumnya belum pernah bekerja di kapal LPG sehingga mengakibatkan kurangnya pemahaman terkait penanganan *high pressure tank* pada kapal. Tindakan yang

diambil oleh *chief officer* sebagai perwira yang bertanggung jawab atas kargo untuk menurunkan tekanan adalah dengan memberikan arahan dan pembagian tugas kepada *boatswain* dan juru mudi/*able seaman*. Hal ini memerlukan waktu yang lama karena tekanan di dalam tangka semakin naik terus-menerus sehingga menyebabkan keterlambatan pada proses *loading*.

Saat peneliti menjalankan *sea project* di kapal Gas Attaka, sering terjadi kendala selama proses pemuatan di terminal. Salah satu masalah yang dihadapi adalah ketiadaan sistem pendingin muatan di pihak terminal atau darat, sehingga muatan yang diterima kapal memiliki suhu lebih tinggi. Hal ini menyebabkan tekanan di dalam kapal meningkat. Jika kondisi ini tidak ditangani, tekanan di dalam tangki akan keluar, yang dapat menyebabkan penurunan kecepatan aliran muatan saat masuk ke dalam tangki kapal sehingga tidak sesuai dengan *loading agreement* dan mengakibatkan keterlambatan pada proses loading karena *Estimasi Time Completed* (ETC) semakin mundur. Adapun pihak terminal yang menyediakan sistem pendingin seperti Pelabuhan LPG di Jakarta (Tanjung Priok), pelabuhan LPG di Surabaya (Tanjung Perak), pelabuhan LPG di Medan (Belawa), pelabuhan LPG di Sulawesi Selatan (Makassar), pelabuhan LPG di Semarang, pelabuhan LPG di Sengkang serta pelabuhan di Aceh (Arun). Gas Attaka melakukan pemuatan di lokasi-lokasi seperti *Ship to Ship* Gas Benua, Balikpapan, Kalimantan Timur, Kilang Pertamina International Balongan, dan Kilang Pertamina Internasional RU VII Kasim Sorong. Adapun pelabuhan pembongkaran yang menjadi tujuan antara lain Depot LPG Makassar, Depot LPG Amurang, Depot LPG Jayapura, dan Depot LPG Balikpapan

Salah satu dari kejadian naiknya temperatur dan tekanan yang tinggi (*high pressure*) pada kapal Gas *Attaka* adalah saat kapal dalam keadaan proses memuat/*loading* LPG di Kilang Pertamina Balongan dengan Pelabuhan bongkar/*discharge* Balikpapan. Kejadian tersebut terjadi pada tanggal 17 November 2023. Di dalam *safety meeting* pihak terminal menginfokan jika temperatur muatan tinggi dan pihak terminal tidak dapat menyesuaikan temperatur muatan dengan temperatur yang ada di kapal karena tidak mempunyai sistem pendingin pada muatan.

Pengaruh *eksternal* seperti cuaca yang panas serta tingginya temperatur juga dapat mempengaruhi *kelancaran* dan keterlambatan waktu pemuatan yang telah ditentukan. Dalam kondisi ini, apabila tekanan dalam tangki muatan mencapai batas maksimum yang diizinkan oleh *Maximum Allowed Relief Valve Setting* (MARVS) yang bernilai 17,5 barg, maka *Safety Relief Valve* akan terbuka secara otomatis. Kondisi ini menyebabkan uap dalam tangki dilepaskan melewati *vent mast* yang mengaitkan dengan tangki muatan. Peristiwa tersebut mengakibatkan volume pada muatan menjadi berkurang sehingga menyebabkan kerugian berupa materi bagi perusahaan yang memiliki muatan tersebut. Tekanan berlebih yang keluar melalui *Safety Valve* bisa merusak peralatan bongkar dan muat di kapal, seperti *cargo pump*, serta berpotensi menyebabkan ledakan pada muatan dan kebakaran yang mengancam keselamatan awak kapal.

Penelitian ini membahas peningkatan tekanan dan suhu tangki muatan LPG di kapal Gas *Attaka* yang berisiko mengganggu keselamatan dan efisiensi pemuatan. Peneliti *menganalisis* penyebab utama serta langkah penanganannya

untuk mengatasi permasalahan tersebut. Hasil kajian ini dituangkan dalam Karya Ilmiah Terapan berjudul *Analisis Penyebab High Pressure Tank pada Saat Loading LPG di Kapal Gas Attaka*.

B. RUMUSAN MASALAH

Dengan merujuk latar belakang yang telah dipaparkan, peneliti mengidentifikasi sejumlah permasalahan yang kerap terjadi pada kapal Gas Attaka adalah :

1. Faktor apa saja yang mengakibatkan *high pressure* di dalam tangki muatan selama proses *loading* LPG di kapal Gas Attaka?
2. Bagaimana langkah-langkah untuk mengatasi *high pressure* di dalam tangki muatan saat proses *loading* LPG di kapal Gas Attaka?

C. TUJUAN PENELITIAN

Dengan merujuk *pada* rumusan dan batasan masalah yang telah dikemukakan, penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui faktor yang mengakibatkan *high pressure* di dalam tangki muatan selama proses *loading* LPG di kapal Gas Attaka.
2. Mengetahui langkah-langkah untuk mengatasi *high pressure* di dalam tangki muatan saat proses *loading* LPG di kapal Gas Attaka..

D. MANFAAT PENELITIAN

Dari hasil penelitian mengenai analisis peningkatan tekanan dan suhu di dalam tangki csargo selama proses *loading* LPG di kapal MT Gas Attaka,

diharapkan dapat memberikan manfaat bagi peneliti serta berkontribusi bagi berbagai pihak di berbagai bidang, seperti :

1. Manfaat Teoritis

- a. Supaya hasil dari Karya Ilmiah Terapan ini dapat menambah pengetahuan serta wawasan peneliti untuk lebih mengetahui proses memuat/*loading* LPG pada kapal jenis *fully pressurized* guna mendukung kelancaran dalam proses *loading*.
- b. Supaya hasil dari Karya Ilmiah Terapan ini dapat memberikan pemahaman maupun manfaat bagi para pembaca tentang operasional kapal jenis *fully pressurized*, serta masalah yang dihadapi dan solusi/tindakan untuk mengatasinya.
- c. Supaya hasil dari Karya Ilmiah Terapan ini dapat menjadi bahan bacaan di perpustakaan Politeknik Pelayaran Surabaya.

2. Manfaat Praktis

Supaya hasil dari Karya Ilmiah Terapan ini dapat dijadikan sebagai panduan atau referensi untuk pelaut yang sedang bertugas atau akan bekerja di kapal gas LPG jenis *fully pressurized*.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. REVIEW PENELITIAN SEBELUMNYA

Studi sebelumnya atau riset terdahulu merupakan sumber dari informasi yang penting dan digunakan untuk memulai penelitian baru. Penelitian terdahulu dapat dijadikan sebagai perbandingan untuk menemukan inspirasi baru berdasarkan topik yang sudah dirumuskan oleh peneliti. Berdasarkan penelitian sebelumnya, peneliti dapat memahami perbedaan dan mempertimbangkannya dengan penelitian yang sudah ada. Dengan demikian, peneliti dapat merancang metode penelitian baru dengan lebih relevan. Untuk lebih mudah dalam pemahamannya, peneliti menyajikannya dalam sebuah tabel sebagai berikut.

Tabel. 2.1 Review Penelitian
Sumber : Tabel Pribadi (2024)

No	Judul Penelitian / Nama Peneliti	Kesimpulan Penelitian	Perbandingan Penelitian
1	“Penyebab Terjadinya Kenaikan Tekanan dan Temperatur pada Tangki dengan Metode <i>Reliquifaction</i> Plant di Kapal MT. Gas Komodo” (Ilham Ramadhan : google scholar/politeknik ilmu pelayaran semarang : 2024)	Peningkatan tekanan serta suhu di dalam tangki muatan dipengaruhi oleh banyak faktor, yaitu tenaga, kondisi dari <i>cargo condenser</i> yang tidak terawat/kotor, pengaruh air laut, serta kurangnya pembersihan.	Pada penelitian sebelumnya membahas tentang penanganan kenaikan tekanan dan temperatur menggunakan sistem kerja <i>reliquifaction</i> pada saat kapal berlayar sedangkan pada penelitian ini mengatasi permasalahan <i>high pressure</i> di dalam tangki muatan dengan menggunakan <i>cargo compressor</i> saat proses memuat/ <i>loading</i> dengan terminal/darat.

No	Judul Penelitian / Nama Peneliti	Kesimpulan Penelitian	Perbandingan Penelitian
2	“Analisis High Pressure Tank pada saat Loading di Kapal LPG/C Gas Nuri Arizona” (Fitria Rasdiana Nindyaningrum:google scholar/stip Jakarta : 2022)	Faktor penyebab <i>high pressure</i> di tangki yaitu karena faktor eksternal (cuaca panas), panasnya muatan yang diterima dari <i>mother ship</i> serta kurang pemahaman crew kapal mengenai penanganan saat terjadi <i>high pressure tank</i>	Pada penelitian sebelumnya membahas tentang <i>high pressure</i> dan temperatur saat kapal LPG tipe <i>fully pressurized</i> memuat/loading dengan <i>ship to ship</i> (STS) sedangkan pada penelitian ini kapal melakukan proses <i>loading</i> dengan pihak darat/terminal gas.
3	“Identifikasi terjadinya <i>Overpressure Hose</i> saat proses <i>Discharging</i> pada MT Navigator Global” (Eric Endy Pratama : google scholar/politeknik ilmu pelayaran semarang : 2023)	Dalam studi sebelumnya, peneliti menganalisis hal-hal penyebab dan juga konsekuensi yang terjadi karena <i>overpressure hose</i> pada LPG Navigator Global di PMB IV Tanjung Priok.	Pada penelitian ini peneliti melakukan penelitian tentang penyebab <i>high pressure</i> pada tangki kapal serta dampak yang ditimbulkan dan pencegahan <i>high pressure tank</i> pada muatan LPG Mix
4	“Analisis Turunnya Kinerja High Pressure Valve pada Main Air Compressor di Mt. Gas Indonesia”. (Zudha Alamsi : google scholar/politeknik ilmu pelayaran semarang : 2021)	Pada kasus sebelumnya membahas penurunan performa <i>high pressure valve</i> pada kompresor, yang menyebabkan keterlambatan atau gangguan dalam fungsi kompresor dalam mengontrol tekanan dan suhu muatan.	Pada penelitian ini meneliti tentang kinerja <i>compressor</i> untuk mendinginkan <i>vapour</i> di dalam tangki sehingga mengurangi terjadinya <i>high pressure tank</i> .
5.	“Penanganan Keterlambatan Proses Memuat Butane & Propane Kapal Mt. Pertamina Gas 2 di Jetty # Assaluyeh,Iran” (Nur Shabrina Zahrina : google scholar/politeknik ilmu pelayaran semarang : 2018)	Pada penelitian sebelumnya membahas tentang penanganan ketika terjadinya <i>high pressure tank</i> menggunakan <i>reluquifaction system</i> dengan tangki tipe A pada kapal jenis <i>fully refrigated</i> .	Pada penelitian ini membahas tentang upaya/Tindakan untuk menurunkan <i>high pressure tank</i> dengan menggunakan <i>cargo compressor</i> dengan tangki tipe C pada kapal jenis <i>fully pressurized</i> .

Berdasarkan pemaparan pada tabel.2.1 Review Penelitian diatas, diharapkan peneliti dapat memahami dan mencari perbandingan serta menjadikan penelitian sebelumnya sebagai pedoman atau acuan tentang permasalahan high pressure tank yang terjadi di kapal.

B. LANDASAN TEORI

1. Tekanan (*pressure*)

Menurut Buku *Liquified Gas Handling Principles on Ship and in Terminal* Edisi Keempat (2016), *Chapter 2 part C (Gas Laws, Thermodynamic Principles and Reliquifaction)* hukum gas menggambarkan hubungan antara tekanan/*pressure*, suhu serta volume untuk massa gas tertentu. Satu variabel dijaga konstan sementara hubungan dengan dua variabel lainnya direcord. Hukum ini sering disebut dengan“hukum gas ideal (ideal gas law’s)” atau dalam artian lain gas ideal merupakan suatu kumpulan dari partikel gas yang memiliki karakteristik sama seperti hukum gas yaitu molekulnya satu sama lain saling berjauhan/renggang. Partikel yang terdapat pada gas cenderung bergerak secara tidak teratur ke segala arah, sehingga dapat saling bertabrakan. Namun, dalam gas ideal, tabrakan yang terjadi bersifat elastis sempurna, atau dengan kata lain, tidak menyebabkan partikel lain kehilangan energi maupun kekuatannya.

Besaran-besaran yang dapat menentukan keadaan dari suatu molekul gas yaitu volume, tekanan serta suhu pada gas. Berdasarkan buku *Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminal* Edisi Keempat (2016) jika salah satu besaran tersebut konstan, maka gas mempunyai 3 jenis proses pembentukan yaitu perubahan suhu konstan atau (*isothermal*), tekanan konstan atau (*isobaric*), dan volume konstan atau (*isovolumetric/ishokhorik*). Macam-macam proses pembentukan pada gas yaitu :

a. Hukum Boyle atau (*Istermal process*)

Hukum Boyle dapat mengukur perubahan yang terjadi pada volume gas ketika tekanannya diubah dan suhunya dijaga secara konstan/tetap. Hukum Boyle mengatakan “*at a constant pressure and temperature of gas in a closed space/room will be inversely proportional to the volume*” atau dengan kata lain tekanan yang ada pada gas di dalam ruangan tertutup Akan memiliki hubungan terbalik dengan volume apabila berada dalam kondisi suhu yang konstan. Misalnya terdapat zat gas di dalam sebuah tabung, apabila volume pada gas tersebut diturunkan atau ditekan ke bawah maka akan menyebabkan tekanan pada gas tersebut menjadi naik dan apabila volume pada gas tersebut dinaikkan maka tekanan pada gas menjadi turun atau berkurang.

b. Hukum Charles atau (*Isobarik process*)

Hukum Charless mengatakan . “*If the gas pressure in a confined space remains constant, then its volume will be directly proportional to the absolute temperature.*”. Ketika suhu gas meningkat, volume gas juga akan bertambah. Begitu juga sebaliknya, apabila suhu pada gas diturunkan maka volume yang ada dalam gas juga akan ikut turun.

c. Hukum Gay Lussac/Hukum Tekanan atau (*isovolumetric / ishokhorik process*)

Hukum Gay Lussac/Hukum Tekanan menyatakan jika “*When the volume of gas in the closed space/room is maintained constants, then the gas pressure will be proportional to the absolute temperature*” atau dengan kata lain apabila volume gas pada ruangan tertutup tetap stabil,

maka tekanan gas akan berbanding lurus dengan suhu mutlaknya. Misalkan terdapat molekul zat gas pada ruang tertutup, apabila suhu pada gas tersebut dinaikan maka tekanan yang ada pada gas tersebut juga ikut naik. Begitu juga sebaliknya apabila suhu pada gas tersebut diturunkan maka tekanan yang ada di dalam gas akan ikut turun.

2. Proses Loading

Menurut Nasution (2016), pemuatan merupakan proses pengangkutan dan pengaturan barang pada kegiatan logistik dengan alat angkut dan mempertimbangkan beberapa aspek seperti keamanan, efisiensi ruang serta stabilitas dalam perjalanan. Menurut Tri Kismantoro (2020) terdapat lima prinsip dalam menangani dan mengatur muatan, yaitu menjaga keselamatan kapal, menjaga keamanan muatan/kargo, memanfaatkan ruang muatan seefisien mungkin, melaksanakan proses bongkar muat dengan akurat dan terorganisir, serta memastikan keselamatan awak kapal dan pekerja. Berbagai prinsip dalam penanganan dan pengelolaan muatan meliputi :

a. Menjaga keselamatan kapal

Menjaga keselamatan kapal berarti menciptakan situasi selama proses penanganan dan pengelolaan muatan agar kapal tetap dalam keadaan stabil, aman, serta layak berlayar. Agar tujuan dan maksud tersebut dapat tercapai, diperlukan fokus terhadap distribusi muatan/kargo secara profesional dalam pengelolaannya, baik dalam pembagian muatan/kargo secara vertikal, distribusi muatan/kargo secara melintang (*transversal*), penyusunan muatan/kargo secara membujur

(*longitudinal*), maupun penempatan khusus muatan pada dek di antara *tween deck*.

b. Menjaga keamanan muatan

Menjaga keamanan muatan (kargo) mencakup tanggung jawab pihak pengangkut atau carrier dalam memastikan muatan tetap selamat ketika berada dalam perjalanan dari pelabuhan asal ke tujuan, sesuai dengan kondisi saat diterima dari pengirim. Oleh karena itu, perwira yang bertugas di kapal harus memahami dua aspek utama, yaitu:

- 1) Memahami karakteristik kapalnya dengan merujuk pada ship particular atau cetak biru kapal.
- 2) Mengenal Mengenal jenis muatan yang diangkut, dengan mempertimbangkan beberapa faktor yang memengaruhi, yaitu:
 - a) Perbedaan dalam bentuk dan sifat muatan.
 - b) Keberagaman jenis atau kategori muatan.
 - c) Jarak antara pelabuhan muat dan pelabuhan bongkar.
 - d) Rute pelayaran yang dilewati dengan kondisi cuaca yang beragam dan cenderung berubah-ubah.

c. Mengoptimalkan penggunaan ruang muatan seefisien mungkin.

Mengoptimalkan penggunaan ruang muatan berkaitan dengan potensi kerugian akibat ruang yang tidak terpakai atau disebut *broken stowage* yang mengacu pada bagian ruang muat tidak dapat digunakan dalam proses penataan muatan. Kondisi ini dapat disebabkan oleh bentuk palka, jenis dan juga bentuk muatan, sumber daya pekerja, serta pemanfaatan alas atau dunnage. Agar dapat mengurangi *broken*

stowage, diperlukan proses filter dari bentuk kargo yang sesuai dan cocok dengan ruang muatan yang tersedia, melakukan seleksi jenis muatan, pemanfaatan *filler cargo*, melakukan pengendalian dan pengaturan pada muatan, meminimalkan pemanfaatan alas. Dengan pengelolaan yang tepat, muatan dapat disusun sedemikian rupa agar ruang muat terisi secara maksimal dan bagian yang tidak terpakai dapat dikurangi seminimal mungkin.

d. Proses bongkar muat yang cepat, terorganisir, dan sistematis.

Bongkar muat yang efisien, terstruktur, dan tepat sasaran berarti pelaksanaannya dilakukan secara efektif dengan meminimalkan waktu dan biaya. Untuk mengoptimalkan proses ini, beberapa kendala perlu dihindari, seperti terjadinya *long hatch* atau penumpukan muatan, *over stowage*, serta *over carriage*.

Long hatch terjadi ketika muatan dalam satu palka mengalami penumpukan dalam jumlah besar pada salah satu pelabuhan tertentu. Sementara itu, *over stowage* yaitu kondisi di mana muatan yang semestinya dibongkar di pelabuhan tujuan akan tetapi terhalang muatan lain yang ada di atasnya. *Over carriage* terjadi ketika muatan yang semestinya dibongkar pada pelabuhan tujuan justru akan tetapi dibawa sampai pelabuhan selanjutnya.

e. Melindungi ABK/crew kapal

Memperhatikan keamanan ABK/crew kapal merupakan tanggung jawab yang menyangkut keselamatan jiwa ABK/crew kapal dan buruh, dimana ketika melaksanakan kegiatannya harus terhindar dari segala

resiko atau bahaya yang mungkin terjadi akibat kegiatan bongkar muat berlangsung.

3. Muatan atau Cargo

Menurut Utami (2018), bongkar muat adalah proses pemindahan muatan dari kapal ke alat transportasi darat melalui gudang, serta dari alat transportasi darat atau gudang ke kapal.

a. Berdasarkan Buku *International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code* (2018), muatan atau kargo diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis:

- 1) Muatan liquid yaitu muatan cairan yang diangkut dalam jumlah besar dan disimpan dalam tangki khusus di kapal.
- 2) Muatan basah merupakan muatan yang bersifat basah/berbentuk cairan yang dikemas didalam drum, tong, kaleng dan sebagainya.
- 3) Muatan kering merupakan muatan tidak merusak muatan lain karena sifatnya yang tidak mengandung kelembapan. Namun, muatan ini dapat mengalami kerusakan jika terkena muatan lain, terutama yang bersifat basah atau cair. Oleh karena itu, muatan kering harus dipisahkan dan tidak boleh dicampur dengan muatan basah atau cair.
- 4) Muatan kotor dapat mengakibatkan kotoran/debu pada saat kegiatan bongkar dan muat serta dapat menyebabkan kerusakan pada muatan yang lain.
- 5) Muatan berbahaya merupakan muatan yang nya memerlukan pengawasan maksimal sebab bisa memberi dampak buruk bagi

kesehatan, bahkan bisa menimbulkan bahaya ledakan hingga kebakaran.

- b. Berdasarkan Buku *International Maritime Dangerous Goods* (IMDG) *Code* (2018), Muatan berbahaya dikategorikan ke dalam sembilan kelas, yaitu:

1) Meledak atau *explosives*

Jenis muatan dengan potensi ledakan mencakup barang-barang berbahaya, bahan peledak, atau benda yang memiliki risiko meledak, seperti amunisi dan dinamit.

2) Gas (*gasses*)

Berdasarkan sifat molekul gas, yang dapat dengan mudah meledak, terbakar, beracun, menyebabkan korosi/karat, mengandung bahan oksidasi, atau bahkan memiliki lebih dari satu sifat tersebut, diperlukan penanganan khusus dalam pengangkutannya.

Dalam penelitian ini, Gas Attaka membawa muatan gas LPG (*Liquefied Petroleum Gas*), yang termasuk dalam kategori gas mudah terbakar dan memerlukan sistem penyimpanan serta pengamanan yang ketat untuk mencegah risiko kebakaran atau ledakan selama pelayaran.

3) Cairan mudah terbakar atau *inflammable liquids*

Salah satu risiko terbesar dari zat ini adalah kemampuannya mengeluarkan uap, bahkan ada yang mengandung zat beracun. Uap yang terbentuk dapat bercampur dengan udara dan menjadi

mudah terbakar jika terjadi kontak langsung atau terkena percikan api, serta berpotensi menyebabkan ledakan.

4) Muatan zat padat yang dapat terbakar atau *inflammable solids*

Beberapa jenis dari bahan zat padat dapat terbakar atau meledak kecuali jika bahan tersebut dicampur dengan air/jenis cairan lainnya.

5) Zat asam atau *oxidising agent*

Zat yang mengandung asam dan menghasilkan uap panas sehingga mudah terbakar, dan dapat meningkatkan intensitas api secara signifikan.

6) Muatan beracun

Zat atau material padat yang bersifat beracun dapat menyebabkan cedera serius, bahkan berisiko fatal jika terhirup atau bersentuhan langsung dengan kulit. Selain itu, sebagian besar bahan beracun memiliki potensi untuk melepaskan gas berbahaya ketika mengalami kebakaran, yang dapat memperburuk dampak negatif terhadap kesehatan manusia serta lingkungan sekitarnya.

7) Zat radioaktif

Material atau benda yang bersifat radioaktif memiliki kemampuan untuk memancarkan radiasi. Untuk mengurangi risiko yang ditimbulkan, diperlukan tingkat kehati-hatian yang tinggi dalam proses pemuatan serta penanganannya. Selain itu, dalam proses pengiriman atau pengapalan, perlu dipastikan bahwa

bahan radioaktif dikemas dan diangkut dengan cara yang aman guna mencegah potensi bahaya selama perjalanan.

8) Zat korosif atau pengikisan

Segala jenis material atau zat yang memiliki sifat merusak dan dapat menyebabkan korosi, baik terhadap dirinya sendiri maupun terhadap benda lain di sekitarnya. Zat atau bahan ini dapat ditemukan dalam bentuk padat maupun cair, tergantung pada karakteristik aslinya. Secara umum, bahan atau barang yang rentan terhadap korosi juga berpotensi merusak jaringan kulit jika terjadi kontak langsung. Namun, jenis bahan ini cenderung lebih sering menyebabkan kerusakan pada material berbasis logam seperti besi, serta pada tekstil yang mudah terurai akibat reaksi kimia.

9) Muatan berbahaya lainnya

Jenis muatan ini termasuk dalam kategori barang berbahaya, namun tidak secara spesifik masuk ke dalam klasifikasi yang telah disebutkan sebelumnya. Muatan ini sulit untuk dikelompokkan karena bisa menimbulkan risiko berbeda.

4. **Liquified Petroleum Gas (LPG)**

Berdasarkan Jurnal Teknik Perkapalan UNDIP (2017), LPG adalah jenis gas dari hasil olahan minyak bumi yang kemudian dikonversi menjadi bentuk cair. Dengan menambahkan *pressure* atau menurunkan *temperature*, LPG dapat berubah liquid dengan merapatkan senyawa zat gasnya. Komponen LPG didominasi oleh propane (C_3H_8) serta butana (C_4H_{10}). *Liquified petroleum gas* atau LPG mengandung sejumlah kecil senyawa

hidrokarbon ringan lainnya, seperti etana C_2H_6 dan pentana C_5H_{12} . *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) terdiri dari berbagai komponen campuran, termasuk propana dan butana, serta mengandung sedikit persentase hidrokarbon tak jenuh, seperti propilena dan butilena.

Menurut M. Hasan Syukur dalam artikelnya yang berjudul *Penggunaan Liquefied Petroleum Gases (LPG): Upaya Mengurangi Kecelakaan Akibat LPG*, yang diterbitkan dalam *Forum Teknologi* Vol.01 No.02, halaman 4, LPG memiliki karakteristik khusus yang memerlukan perhatian dalam penggunaannya untuk mengurangi potensi kecelakaan yang dapat terjadi yaitu sebagai berikut :

- a. Berbagai jenis produk yang berasal dari *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) meliputi:
 - 1) LPG propane, yaitu jenis LPG yang memiliki komponen utama berupa senyawa propana (C_3).
 - 2) LPG Butana, yaitu jenis LPG yang unsur utamanya terdiri dari senyawa butana (C_4).
 - 3) LPG Campuran (Mix), yaitu LPG yang merupakan kombinasi dari dua komponen utama, yaitu propana dan butana.
- b. Beberapa manfaat dari *Liquefied Petroleum Gases* (LPG) *butane* dan *Liquefied Petroleum Gases* (LPG) *propane* adalah sebagai berikut:
 - 1) LPG jenis *butane* yang biasanya digunakan masyarakat umum sebagai bahan bakar memasak/bahan bakar di dapur seperti korek api.

- 2) LPG *mix* atau campuran yang merupakan kombinasi antara propana dan butana, umumnya digunakan oleh masyarakat luas sebagai sumber energi utama dalam kegiatan memasak.
 - 3) LPG tipe propana umumnya dimanfaatkan dalam berbagai keperluan industri, seperti digunakan sebagai refrigeran, bahan bakar untuk alat pemotong, serta sebagai komponen dalam proses penyemprotan cat dan aplikasi lainnya.
- c. Karakteristik dari produk *Liquefied Petroleum Gas* (LPG):
- 1) Tidak berwarna sehingga untuk mengetahui fluida tersebut harus diperlukan pencampuran dengan zat-zat berwarna.
 - 2) Tidak memiliki bau, LPG secara alami tidak memiliki aroma, sehingga dalam proses distribusinya biasanya ditambahkan zat berbau khas, seperti merkaptan yang mengandung senyawa sulfur atau belerang. Penambahan zat ini bertujuan untuk mempermudah pendeteksian apabila terjadi kebocoran gas dari tabung LPG sebelum didistribusikan ke depot penyimpanan.
 - 3) Tidak memiliki rasa, LPG secara umum tidak memiliki karakteristik rasa tertentu yang dapat dikenali.
 - 4) Tidak beracun, LPG termasuk gas yang secara alami tidak mengandung zat beracun atau bersifat toksik. Namun, dalam kondisi tertentu, kebocoran gas LPG yang bercampur dengan udara, dapat menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan manusia. Paparan gas ini dalam jumlah berlebih dapat menyebabkan gejala seperti asfiksia yang mengakibatkan pusing, kehilangan kesadaran. Jika ada

kebocoran LPG di ruangan tertutup, gas ini menggantikan oksigen yang tersedia, sehingga berpotensi menyebabkan gangguan pernapasan atau sesak napas bagi orang yang berada di dalam ruangan tersebut.

- 5) Mudah terbakar berdasarkan *fire triangle*, *Liquified Petroleum Gases* (LPG) merupakan molekul gas yang mudah terbakar jika terkontaminasi dengan oksigen serta suhu/*temperature* yang tinggi.

5. Kapal LPG

Menurut Buku *Liquified Gas Handling Principles on Ship and in Terminals*, atau (LGHP4) Edisi Keempat (2016), kapal pengangkut muatan gas mempunyai bentuk dan kapasitas yang berbeda mulai dari kapal yang bentuk dan kapasitasnya kecil yaitu antara 500 sampai dengan 6.000 m³ dan mengangkut muatan gas berjenis *propane*, *butane* dan *chemical gas* hingga kapal dengan bentuk dan kapasitas 100.000 m³ dan memuat/mengangkut LPG. Kapal muatan gas adalah jenis kapal kargo yang secara khusus dirancang atau dikonstruksi untuk mengangkut serta memuat muatan dalam bentuk curah, berupa gas yang telah dicairkan menjadi bentuk cair (*liquid*). Mengacu pada buku *Liquified Gas Handling Principles on Ship and in Terminals*, atau (LGHP4) Edisi Keempat (2016), kapal ini memiliki sistem khusus untuk menangani dan mengangkut gas dalam kondisi cair dengan aman dan efisien. kapal pengangkut muatan LPG dikategorikan menjadi 3 tipe berdasarkan kondisi serta karakteristik muatannya sebagai berikut :

a. Fully *pressurized vessels* atau kapal bertekanan penuh

Kapal pengangkut muatan LPG jenis *fully pressurized vessels* merupakan kapal dengan tipe paling sederhana diantara jenis kapal gas lainnya. Kapal jenis ini dirancang untuk mengangkut muatan LPG dalam *kondisi* suhu yang mengikuti suhu lingkungan sekitar (*ambient temperature*), dengan sistem penyimpanan menggunakan tangki tipe C. Tangki tipe C dibuat dari material baja karbon yang memiliki ketahanan tinggi, sehingga mampu menahan tekanan besar, bahkan melebihi 17,5 kg/cm² atau setara dengan 17,5 bar. Kapal tipe ini tidak dilengkapi dengan sistem *reliquifaction* sehingga untuk mengatur *pressure* pada tekanan menggunakan kompresor/pompa muatan (*cargo compressor*).

Kapal ini dilengkapi sistem pemanas *cargo*, yang dikenal sebagai *cargo heater*, sehingga mampu beroperasi pada suhu rendah yang berasal dari muatan. Kapal ini dirancang untuk menangani kargo dalam kondisi yang sangat dingin, seperti pada kapal dengan sistem *fully refrigerated*. Kapal jenis *fully pressurised* memiliki ukuran cenderung lebih kecil yaitu dapat memuat kargo dengan kapasitas antara 4.000 sampai dengan 6.000 m³. Sebagian besar kapal jenis *fully pressurised* ini digunakan sebagai pengangkut muatan jenis LPG dan amonia. Sebagai pelengkap penjelasan sebelumnya, kapal bertekanan penuh dapat dilihat pada gambar.2.1.



Gambar.2.1 *Fully pressurized vessels* atau kapal bertekanan penuh
Sumber : dokumentasi dari kapal Gas Attaka

b. *Semi-refrigerated vessels* atau kapal semi-berpendingin

Kapal *semi-refrigerated* hampir menyerupai kapal jenis *fully pressurised* karena keduanya memiliki tipe tangki C, kapal jenis ini dirancang dan mampu menahan tekanan/*pressure* dalam tangki antara 5-7 bar. Kapal tipe ini dirancang untuk mengangkut berbagai jenis muatan gas, termasuk LPG, vinil klorida, propilena, hingga butadiena. Kapal dengan sistem *semi-refrigerated* ini memiliki kapasitas angkut yang bervariasi, mulai 3.000 m³ hingga mencapai 20.000 m³.

Tangki penyimpanan kapal *semi-refrigerated* dibuat dari material baja yang dirancang untuk tahan terhadap suhu rendah, mampu beroperasi hingga -48°C. Suhu ini sesuai untuk sebagian besar kapal yang mengangkut LPG serta berbagai jenis gas kimia lainnya. Sebagai alternatif, beberapa kapal menggunakan tangki berbahan aluminium untuk memungkinkan pengangkutan muatan seperti etilena pada suhu -104°C. Sebagai ilustrasi, gambar.2.2 memberikan gambaran lebih jelas tentang kapal semi-berpendingin.



Gambar.2.2 *Semi-refrigerated vessels*/kapal semi-berpendingin
 Sumber : <https://www.petronav.net/lpg-ship/gas-coral-rubrum>

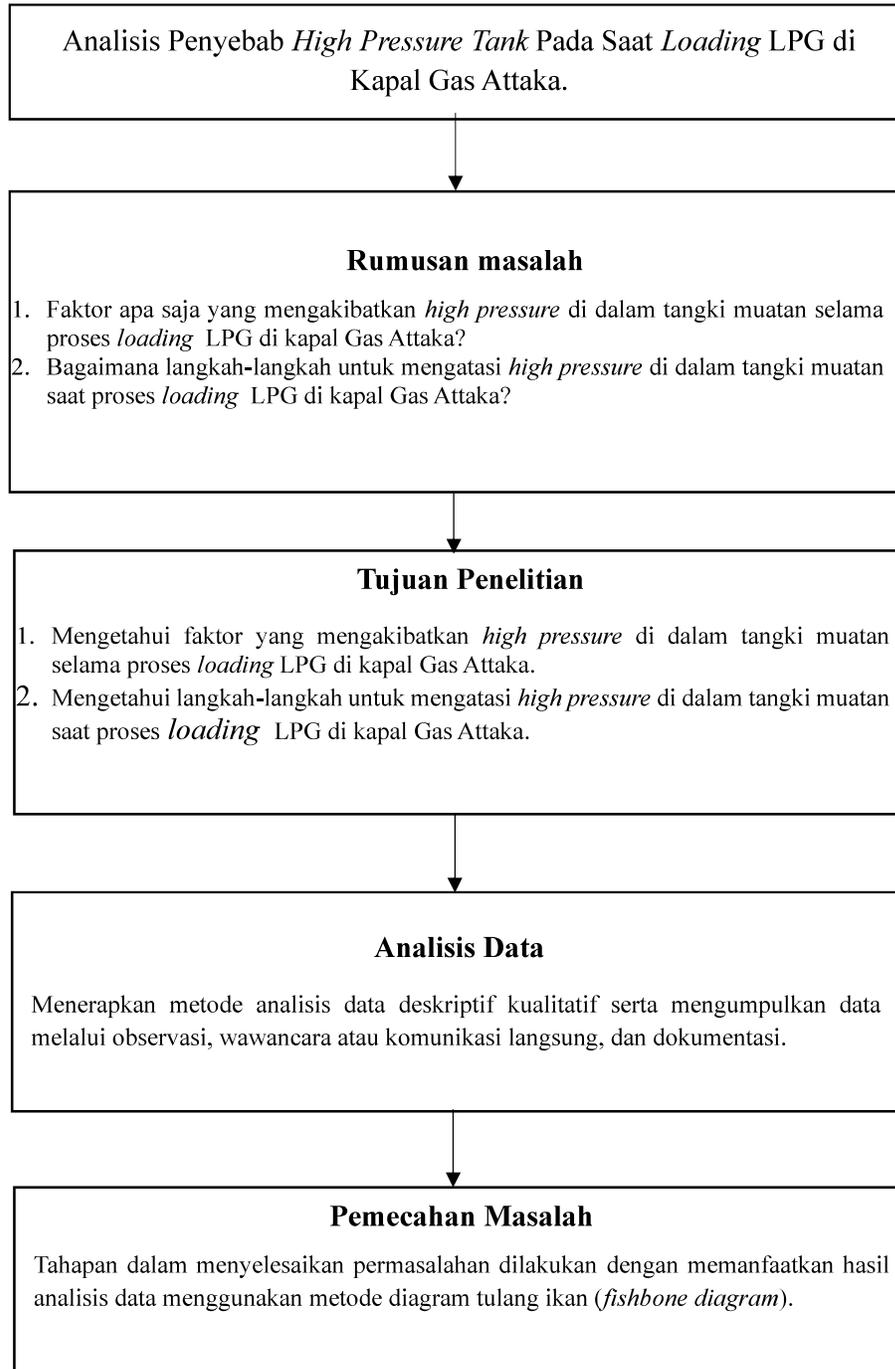
c. *Fully refrigerated vessels* atau kapal berpendingin penuh

Kapal *fully refrigerated* merupakan kapal pengangkutkargo dengan tekanan atmosfernya dirancang untuk mengangkut muatan LPG serta amonia dengan kapasitas yang besar. Kapal dengan sistem *fully refrigerated* ini menggunakan tangki tipe -A. Tangki ini memiliki keunggulan yaitu mampu menahan tekanan hingga 0,7 barg serta dapat mengangkut muatan dengan temperatur terendah sekitar -48°C . Kapasitas muatan yang diangkut oleh kapal berjenis *fully refrigerated* ini antara 20.000 m^3 sampai dengan 100.000 m^3 . Sebagai ilustrasi, gambar.2.3 memberikan gambaran lebih jelas tentang kapal berpendingin penuh.



Gambar.2.3 *Fully refrigerated vessels*/kapal berpendingin penuh
 Sumber : <https://www.balticshipping.com>

C. KERANGKA PIKIR PENELITIAN



BAB III

METODE PENELITIAN

A. JENIS PENELITIAN

Dalam Karya Ilmiah Terapan ini, peneliti memutuskan untuk menerapkan metode penelitian dengan pendekatan kualitatif serta menggunakan jenis penelitian berbasis studi kasus (*case study*). Pendekatan kualitatif ini bertujuan untuk meneliti secara lebih mendalam pada suatu kasus atau bahkan beberapa kasus yang spesifik serta berada didalam konteks yang luas. Secara umum pendekatan studi kasus ini melakukan investigasi lebih lanjut mengenai penyebab dari kasus tertentu kemudian mengumpulkan data mengembangkan/membuktikannya untuk dapat menyelesaikan permasalahan dari penelitian tersebut. Penelitian kualitatif ini cenderung lebih menekankan terhadap pemahaman makna, pengalaman dari peneliti tersebut, serta perspektif subjektif dari individu/dari kelompok.

Menurut John W. Creswell (2014), bahwa penelitian secara kualitatif merupakan sebuah penelitian dengan melakukan sebuah pendekatan untuk dapat memahami serta menggambarkan fenomena sosial yang sedang atau telah terjadi didalam kehidupan sehari-hari, dan menekankan lebih pemahaman *holistic* tentang makna yang diberikan setiap individu di dalam pengalaman mereka. Penelitian kualitatif menurut Creswell cenderung berfokus kepada pencarian makna dari kehidupan manusia yang umumnya bersifat subjektif/kompleks. Peneliti kemudian memahami fenomena tersebut dalam konteks luas bukan hanya dari data statistic atau angka yang ada.

B. TEMPAT/LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN

Lokasi penelitian adalah area atau lingkungan di mana peneliti melaksanakan proses penelitian untuk menangkap dan memahami suatu kasus serta mendapatkan data/informasi yang akan dibutuhkan. Sementara itu, durasi penelitian merujuk pada rentang waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan penelitiannya.

1. Waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama peneliti menjalani *sea project* atau praktik kerja laut selama 12 bulan, dimulai dari tanggal *sign on* pada 18 Agustus 2023 hingga *sign off* pada 19 Agustus 2024, dengan posisi sebagai *deck cadet* di atas kapal.

2. Tempat Penelitian

Lokasi penelitian ini yaitu disalah satu kapal gas yang milik PT Pertamina International Shipping (PIS) dengan muatan *Liquified Petroleum Gas* (LPG) bernama LPG/C Gas Attaka berbendera Indonesia.

C. SUMBER DATA/SUBJEK PENELITIAN DAN TEKNIK PENGUMPULAN DATA

1. Sumber data/subjek penelitian

Dalam penelitian ini, peneliti mengumpulkan data secara kualitatif melalui observasi langsung selama menjalani praktik kerja laut (*sea project*) di kapal Gas Attaka. Adapun jenis-jenis data yang digunakan untuk menyusun karya ilmiah terapan ini yaitu.

a. Data Primer

Data primer dikumpulkan secara langsung oleh peneliti dari sumber utama atau lokasi penelitian. Informasi ini diperoleh melalui observasi langsung selama proses pemuatan LPG dengan Terminal LPG Balongan pada tanggal 17 November 2023. Pengamatan dilakukan terhadap peralatan serta berbagai aspek yang digunakan dalam proses pemuatan, termasuk penanganan saat terjadi peningkatan tekanan tinggi pada tangki kargo di kapal Gas Attaka. Selain itu, data ini juga didapatkan melalui wawancara dengan *Chief Officer*, *Second Officer*, serta AB jaga.

b. Data Sekunder

Data sekunder berasal dari sumber yang tidak langsung, seperti dokumentasi atau arsip yang tersedia di kapal, serta informasi yang diperoleh dari pihak lain. Data ini mencakup berbagai dokumen, buku yang membahas tentang gas, *ship particular*, *crew list* kapal Gas Attaka, jurnal ilmiah, serta dokumentasi yang dilakukan selama proses pemuatan LPG berlangsung.

2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data digunakan peneliti untuk dapat menyusun karya ilmiah terapan berdasarkan berbagai informasi yang diperoleh selama praktik kerja laut (sea project) di kapal. Data yang dikumpulkan dijadikan dasar dalam penyusunan dan pembuatan proposal karya ilmiah terapan. Berikut adalah teknik-teknik pengumpulan data yang diterapkan adalah:

a. Teknik Observasi

Observasi merupakan teknik mengumpulkan data yang lebih terperinci dibandingkan dengan metode lainnya. Teknik ini tidak hanya terbatas pada interaksi dengan manusia, tetapi juga dapat diterapkan pada objek atau kondisi lingkungan lainnya. Berdasarkan pengertian tersebut, observasi bertujuan untuk memperoleh data secara langsung melalui pengawasan di lapangan. Dalam penelitian ini, peneliti melakukan observasi selama di atas kapal dengan mengamati secara langsung seluruh proses pemuatan LPG. Pengamatan ini bertujuan untuk memahami lebih dalam mengenai peningkatan suhu dan tekanan tinggi (*high pressure tank*). Selain itu, peneliti mencatat berbagai faktor yang berkaitan dengan kejadian ini, termasuk penyimpangan yang terjadi serta tindakan yang dilakukan untuk mengatasi tekanan tinggi pada tangki muatan.

b. Teknik Wawancara atau Komunikasi Langsung

Teknik ini biasa disebut dengan *interview* yang meruokan Teknik pengumpulan data dengan cara komunikasi langsung antara penyelidik dan responden. Peneliti memberikan pertanyaan kepada responden tentang fakta dari peristiwa yang akan diteliti. Dalam hal ini, peneliti selaku Deck Cadet melakukan kegiatan wawancara kepada *Chief Officer, Second Officer*, serta AB yang melakukan dinas jaga cargo.

c. Dokumentasi

Dokumentasi merupakan teknik berbentuk arsip, buku, dokumen,

angka, gambar, serta tulisan yang berisi laporan dan dilengkapi dengan informasi pendukung. Teknik dokumentasi digunakan sebagai pelengkap dalam metode observasi dan wawancara, namun dianggap lebih dapat dipercaya karena didukung dengan bukti visual, seperti foto yang telah terdokumentasi sebelumnya.

Dalam penelitian ini, data dokumentasi diperoleh dengan mengumpulkan berbagai dokumen yang relevan, seperti informasi mengenai muatan gas/LPG, catatan tekanan dan suhu (pressure & temperature log), tanker time sheet, serta dokumen lainnya yang berkaitan. Dokumen-dokumen ini memberikan informasi penting mengenai seluruh proses pemuatan LPG. Catatan mengenai tekanan dan suhu selama pemuatan LPG dilakukan secara berkala setiap jam dan dicatat dalam pressure & temperature log. Sementara itu, tanker time sheet mencatat keseluruhan proses pemuatan LPG dari awal hingga selesai.

D. TEKNIK ANALISIS DATA

Menurut Sugiyono (2019), analisis data merupakan proses yang dilakukan untuk mengolah dan menyusun data yang diperoleh dari wawancara, catatan lapangan, serta dokumentasi. Data tersebut kemudian diuraikan ke dalam bagian-bagian tertentu, dianalisis, disusun dalam pola tertentu, serta dipilih mana yang relevan untuk dipelajari dan disimpulkan agar lebih mudah dipahami. Dalam penelitian kualitatif ini, metode analisis data yang digunakan

oleh peneliti adalah teknik analisis Miles dan Huberman. Komponen utama dalam analisis data ini terdiri dari :

1. Kondensasi Data

Kondensasi data merupakan metode penyederhanaan informasi dengan cara merangkum, mengorganisasi, serta mengeliminasi data yang tidak diperlukan agar lebih terfokus. Teknik ini bertujuan untuk mengoptimalkan penyimpanan informasi serta mempercepat proses analisis. Proses kondensasi dilakukan dengan mempertajam data, mengelompokkan, mengarahkan, serta menyusun kembali data agar lebih sistematis. Dengan adanya penyederhanaan ini, informasi utama dapat ditampilkan dalam bentuk pola yang lebih jelas dan mudah dipahami.

2. Penyajian data (*Data Display*)

Penyajian data adalah tahapan di mana informasi yang telah dikumpulkan ditampilkan dalam bentuk yang lebih terstruktur agar dapat dianalisis lebih lanjut. Data berupa kualitatif dapat dipaparkan dalam bentuk naratif, atau dapat berupa catatan lapangan, matriks, diagram, bagan, grafik, serta hubungan antar kategori. Teknik ini mempermudah pemahaman terhadap data yang tersedia sehingga memudahkan dalam pengambilan keputusan dan langkah penelitian selanjutnya.

3. Menarik Kesimpulan (*conclusion*)

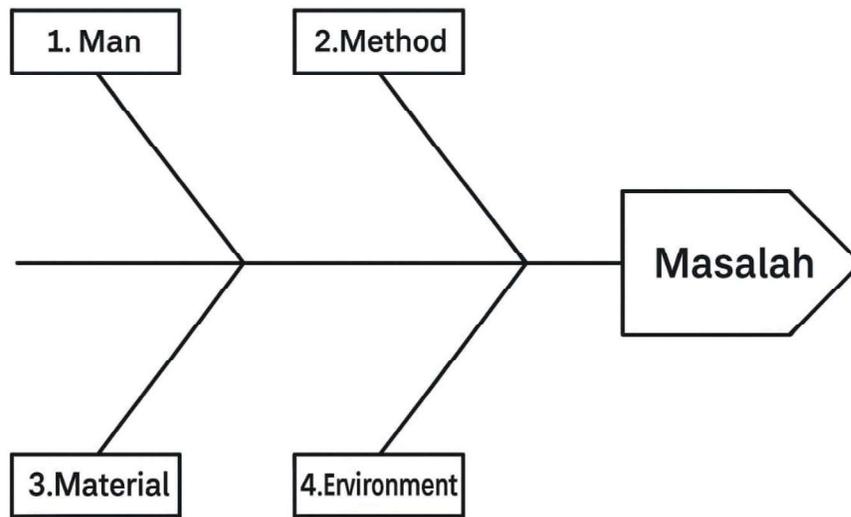
Proses penarikan kesimpulan dilakukan dengan menginterpretasikan temuan-temuan yang diperoleh selama penelitian. Dalam penelitian ini, analisis data bersifat dinamis, artinya kesimpulan dapat mengalami perubahan atau revisi jika terdapat temuan data baru.

Kesimpulan akhir dibuat setelah seluruh analisis data dari berbagai sumber, seperti catatan lapangan, observasi, serta dokumentasi, telah dianalisis secara menyeluruh dan mendalam.

Berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi, untuk mempermudah pemahaman peneliti kemudian mengelompokkannya menjadi beberapa kategori atau faktor dalam metode *fishbone analysis*. Diagram *Fishbone* atau dikenal dengan *diagram ishikawa (Cause and Effect Diagram)* ditemukan oleh seorang ahli manajemen asal Jepang yaitu Kaoru Ishikawa pada tahun 1960-an. Ishikawa memperkenalkan diagram ini sebagai metode/alat untuk membantu mengidentifikasi penyebab utama dari permasalahan pada konteks pengendalian kualitas.

Analisis data *fishbone* merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis suatu permasalahan dengan mengidentifikasi hubungan sebab dan akibat, yang divisualisasikan dalam bentuk diagram menyerupai kerangka tulang ikan dengan kepala yang menunjukkan masalah yang ingin dipecahkan, dan garis-garis atau tulang yang mengistilahkan berbagai kategori penyebab pada masalah tersebut.

Berdasarkan permasalahan yang sudah ditemukan, kemudian peneliti mengelompokkannya ke dalam beberapa kategori atau faktor yang menjadi penyebab dari unsur-unsur permasalahan tersebut sebagai berikut pada gambar.3.1 dan tabel .3.1 sebagai alat bantu pada gambar diagram *fishbone*.



Gambar.3.1 Diagram Fishbone

Sumber : Gambar Pribadi

Tabel.3.1 Pemecahan Masalah

Sumber : Tabel Pribadi (2024)

No	Masalah yang sesungguhnya	Akar masalah	Solusi	PIC	Batas Waktu	<i>Progress</i>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1.						
2.						
3.						
4.						

Keterangan dari masing-masing kolom tersebut adalah :

- a. Kolom (1) : Angka penanda urutan
- b. Kolom (2) : Bagian yang berisi permasalahan utama

Kolom ini berfungsi untuk menyajikan informasi terkait dengan permasalahan utama yang sebenarnya terjadi.

c. Kolom (3) : Kolom akar masalah

Pada kolom ini dimaksudkan sebagai informasi tentang akar dari suatu permasalahan yang ada.

d. Kolom (4) : Kolom Solusi

Pada kolom ini disebutkan mengenai solusi dari akar permasalahan yang ada. Solusi dibagi menjadi 2 yaitu solusi sementara dan Solusi utama. Solusi sementara bisa dilakukan dengan cepat serta bersifat sementara karena bisa diganti atau dilakukan penambahan. Solusi utama merupakan solusi yang sesungguhnya untuk menangani permasalahan yang ada.

e. Kolom (5) : PIC atau *Personal In Charge*

Pada kolom ini menginformasikan mengenai orang yang bertanggung jawab untuk menyelesaikan solusi yang ada.

f. Kolom (6) : Kolom batas waktu

Pada kolom ini menginformasikan tentang batas waktu solusi yang dibutuhkan untuk dapat menyelesaikan permasalahan yang ada.

g. Kolom (7) : Kolom progress

Pada kolom ini menginformasikan tentang status perkembangan dari permasalahan yang ada. Terdapat tiga status yang dapat digunakan yaitu status belum dilaksanakan (*not yet*), status sedang dalam pelaksanaan (*on progress*), dan status selesai (*done*). Peneliti memilih menggunakan *fishbone diagram* karena dianggap mempunyai keunggulan yaitu semua kategori dapat dilihat dalam satu gambar seperti sebab-sebab yang menjadi akar permasalahan.

Berdasarkan akar permasalahan yang ada, kemudian digolongkan/dikelompokan menjadi beberapa kategori faktor yang menyebabkan akar permasalahan tersebut yaitu:

1) Manusia (*Man*)

Dalam konteks permasalahan yang dianalisis, peran manusia atau sumber daya manusia sangatlah krusial dan tidak bisa diabaikan. Faktor ini merujuk pada awak kapal, khususnya perwira yang sedang menjalankan dinas jaga, yang memiliki tanggung jawab besar dalam menjaga kelancaran operasional serta memastikan keselamatan kerja di atas kapal terutama *chief officer* selaku penanggung jawab muatan. Kesalahan manusia, baik yang disengaja maupun tidak, dapat menjadi pemicu utama berbagai kendala yang muncul selama proses operasional.

Selain itu, komunikasi yang kurang efektif antara pihak darat yang bekerja pada bagian *manifold* atau disebut *shore gang* dengan pihak kapal juga harus mendapat diperhatikan lebih. Miskomunikasi ini dapat menyebabkan ketidaksepahaman dalam pengambilan keputusan, yang pada akhirnya berpotensi menimbulkan risiko keselamatan serta efisiensi kerja.

2) Metode (*Method*)

Dalam penelitian ini, faktor metode mengacu pada prosedur pemuatan LPG yang harus dilaksanakan dengan tepat serta sesuai dengan standar keselamatan. Jika prosedur ini tidak diterapkan dengan benar, potensi risiko seperti peningkatan tekanan tinggi pada tangki

muatan dapat meningkat. Hal ini umumnya disebabkan oleh kurangnya perhatian terhadap suhu (*temperature*) dan tekanan (*pressure*) muatan baik di tangki kapal maupun di tangki darat selama *cargo operation* berlangsung.

3) Bahan (*Material*)

Faktor bahan yang dimaksud dalam penelitian ini mengacu pada *vapour* atau uap dari muatan yang dapat menjadi potensi risiko selama proses pemuatan LPG. Jumlah *vapour* yang terlalu tinggi sangat berbahaya dan apabila dibiarkan tanpa penanganan yang tepat akan menyebabkan kenaikan yang signifikan serta berpotensi menimbulkan bahaya bagi keselamatan kapal, awak kapal, serta lingkungan sekitar.

Selain itu, dampak dari keberadaan *vapour* yang berlebih juga dapat menyebabkan gangguan pada proses operasional yang sedang berlangsung seperti keterlambatan estimasi selesai dari waktu *loading* yang sudah ditentukan.

4) Lingkungan (*Environment*)

Dalam penelitian ini, faktor lingkungan (*Environment*) yang dimaksud mencakup kondisi cuaca yang panas dilingkungan sekitar pada proses memuat/*loading* yang dapat menjadi pemicu utama berbagai permasalahan yang timbul selama operasional berlangsung.

Cuaca yang panas dapat menyebabkan muatan LPG mengalami pemuaiian, yang pada akhirnya mengakibatkan peningkatan tekanan dan temperatur dalam tangki penyimpanan. Jika kondisi ini tidak dikelola dengan baik, tekanan yang terus meningkat dalam tangki dapat

menciptakan risiko besar yang dapat membahayakan keselamatan kapal dan lingkungan.