

SKRIPSI
ANALISIS PERSIAPAN PEMUATAN LPG DI MV. SC
COMMANDER



NAZWA HANIN

21.41.194

NAUTIKA

PROGRAM DIPLOMA IV PELAYARAN
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2025

**ANALISIS PERSIAPAN PEMUATAN LPG DI KAPAL MT. SC
COMMANDER**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program
pendidikan diploma IV pelayaran

Program Studi
NAUTIKA

Disusun dan Diajukan Oleh:

Nazwa Hanin
NIT 21.41.194

**PROGRAM DIPLOMA IV PELAYARAN
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2025**

SKRIPSI
ANALISIS PERSIAPAN PEMUATAN LPG DI MT.SC
COMMANDER LVII

Disusun dan Diajukan Oleh

NAZWA HANIN
21.41.195

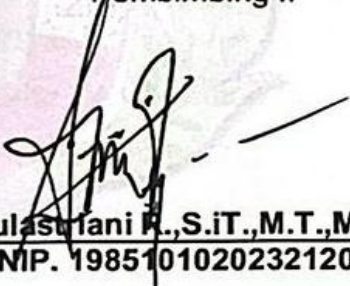
Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Skripsi
Pada tanggal 14 November 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II


Capt. Drs. Arlizar Djamaan, M.Mar
NIDK. 9990259923



Capt. Sulastjani R., S.iT., M.T., M.M.ar
NIP. 198510102023212079

Mengetahui,

a.n. Direktur
Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Pembantu Direktur I

Ketua Program Studi Nautika


Capt. Faisal Saransi, M.T., M. Mar.
NIP. 19750329 199903 1 002


Subehana Rachman, S.A.P., M.Adm.S.D.A.
NIP. 19780908 200502 2 0001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : Nazwa Hanin

NIT : 21.41.194

Program Studi : Nautika

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul

ANALISIS PERSIAPAN PEMUATAN LPG DI MV. SC COMMANDER

Merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam penelitian ini, kecuali tema dan peneliti yang nyatakan kutipan, merupakan ide yang peneliti susun sendiri. Jika pernyataan diatas terbukti sebaliknya, maka peneliti bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Makassar, 13 NOVEMBER, 2025



Nazwa Hanin
NIT. 21.41.194

PRAKATA

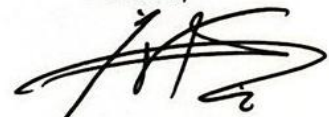
Alhadulillahirabbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "Analisis Persiapan Pemuatan LPG di MT. SC Commander" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Nautika di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Penulisan skripsi ini tentunya tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Capt. Rudy Susanto, M.Pd. selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Capt. Faisal Saransi, M.T., M.Mar., selaku Pembantu Direktur I Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
3. Subehana Rachman, M.Adm. S.D.A selaku Ketua Program Studi Nautika Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
4. Capt. Drs.H.Arlizar Djamaan, M.Mar selaku Pembimbing 1.
5. Capt. Sulastriani R, S.Si.T.,M.Mar selaku Pembimbing 2.

Terlepas dari semuanya, peneliti menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan dimasa mendatang. Semoga skripsi ini dapat menjadi manfaat bagi pembaca dan perkembangan ilmu pengetahuan.

Peneliti,



NAZWA HANIN

21.41.194

ABSTRAK

NAZWA HANIN, “*Analisis Persiapan Pemuatan LPG di MV. SC Commander*”. (Dibimbing oleh Arlizar Djamaan dan Sulastriani).

Transportasi LPG melalui kapal memiliki efisiensi distribusi dalam berbagai aspek, seperti jangkauan wilayah yang lebih luas, kapasitas angkut lebih besar, serta efisiensi biaya operasional untuk pengiriman jarak jauh. Standar Operasional Prosedur (SOP) yang selaras dengan regulasi internasional memegang peran krusial dalam operasional kapal yang mengangkut LPG. Tanpa SOP yang terstandarisasi, kapal LPG rentan terhadap *human error*, kegagalan teknis, dan pelanggaran hukum yang berujung pada insiden besar. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa *Ship Shore Checklist* (SSCL) berperan sebagai instrumen kritis dalam memastikan keselamatan dan efisiensi operasi pemuatan LPG di MV. SC Commander. Pelaksanaan SSCL telah dilakukan sesuai dengan prosedur standar, dimana seluruh komponen kritis, termasuk isolasi sistem, konfigurasi katup, dan kesiapan pengamanan, telah diverifikasi secara komprehensif.

Kata kunci: LPG; Standar Operasional Prosedur; Keselamatan; Keamanan; *Ship Shore Checklist*

ABSTRACT

NAZWA HANIN, “Analysis of LPG Loading Preparations on MV. SC Commander”.
(Supervised by Arlizar Djamaan and Sulastriani).

The transportation of LPG by ship offers distribution efficiency in various aspects, such as broader geographic coverage, larger cargo capacity, and cost-effective operations for long-distance shipments. Standard Operating Procedures (SOPs) aligned with international regulations play a critical role in the operations of LPG carriers. Without standardized SOPs, LPG vessels are vulnerable to human error, technical failures, and legal violations, which can lead to major incidents. Observation results indicate that the Ship/Shore Checklist (SSCL) serves as a vital instrument in ensuring the safety and efficiency of LPG loading operations on MV. SC Commander. The implementation of the SSCL has been carried out in accordance with standard procedures, where all critical components—including system isolation, valve configuration, and safety readiness—have been thoroughly verified.

Keywords: *LPG; Standart Operating Procedures (SOP); Safety; Security; Ship Shore Checklist*

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II.....	7
A. Definisi dan Karakteristik <i>Liquefied Petroleum Gas</i> (LPG) ...	7
B. Klasifikasi Bahaya LPG menurut IMDG Code dan IGC Code	8
C. Regulasi dan Standar Operasi <i>Ship to Ship</i> (STS) untuk LPG	11
D. Persiapan Pemuatan LPG	13
E. Prosedur Operasional Pemuatan LPG.....	16
F. Kerangka Pikir.....	20
BAB III.....	21
A. Jenis Penelitian	21
B. Definisi Operasional	21

C. Unit Analisis	21
D. Teknik Pengumpulan Data	21
E. Prosedur Pengolahan dan Analisis Data	22
BAB IV	23
A. Hasil Penelitian.....	23
B. Pembahasan	26
BAB V	34
B. SARAN.....	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN.....	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 <i>Ship Shore Checklist</i>	23
Gambar 4.2 proses pelepasan <i>hose</i>	29
Gambar 4.3 <i>Safety meeting</i> pasca insiden	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil wawancara	38
Lampiran 2 Bill of Loading	40
Lampiran 3 Cargo manifest	41
Lampiran 4 Tanker time sheet	42
Lampiran 5 Ship shore checklist	43

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Liquefied Petroleum Gas (LPG) merupakan salah satu sumber energi alternatif yang sangat banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga, industri kecil, bahkan sektor transportasi (Juliza Hidayati & Jeffrey Panama, 2019). Ketersediaan dan kelancaran dalam pendistribusian LPG menjadi faktor krusial dalam menjamin ketahanan energi, terutama di negara kepulauan seperti Indonesia. Mengingat bahwa karakteristik geografis wilayah Indonesia yang tersebar dan tidak seluruhnya dapat terhubung oleh infrastruktur darat, maka moda transportasi laut kemudian memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung distribusi LPG secara merata dan berkelanjutan.

Transportasi LPG melalui kapal memiliki efisiensi distribusi dalam berbagai aspek, seperti jangkauan wilayah yang lebih luas, kapasitas angkut lebih besar, serta efisiensi biaya operasional untuk pengiriman jarak jauh. Jika dibandingkan dengan moda transportasi darat yang terbatas oleh infrastruktur jalan dan kapasitas kendaraan, kapal LPG mampu mengangkut dalam volume besar sekaligus ke berbagai daerah, termasuk wilayah terpencil yang tidak dapat dijangkau melalui jaringan pipa ataupun jalan raya. Selain itu, kapal pengangkut LPG dirancang dengan sistem keamanan dan pengendalian khusus yang sesuai dengan karakteristik bahan bakar cair bertekanan, sehingga dapat meminimalkan risiko kebocoran dan bahaya lainnya selama proses pengangkutan (Diansah & Diansah, 2017).

Namun bukan berarti pendistribusian LPG menggunakan kapal menghilangkan risiko. Pemuatan LPG di kapal juga memiliki sejumlah risiko dan tantangan teknik yang signifikan, terutama akibat sifat fisika

dan kimia bahan tersebut. LPG adalah gas yang dicairkan di bawah tekanan tinggi ataupun dibawah suhu rendah, dengan komponen utama propane dan butana yang memiliki sifat mudah menguap (*volatil*) serta rentan terbakar (*flammable*) (Tambunan & Manalu, 2020). Karakteristik ini tentunya menuntut prosedur penanganan yang ketat, mulai dari pemeriksaan kebocoran, pengendalian tekanan, hingga pengaturan suhu selama proses transfer. Kesalahan dalam pengelolaan tekanan atau suhu dapat memicu pelepasan gas secara tiba-tiba (*rapid release*), yang dapat berpotensi menyebabkan ledakan (*BLEVE – Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*) atau kebakaran besar.

Tantangan teknis utama terletak pada desain dan operasional sistem pemuatan yang memenuhi standar keselamatan internasional. Kapal pengangkut LPG harus dilengkapi dengan tangki bertekanan (*pressure vessels*) atau tangki bersuhu rendah (*cryogenic tanks*) yang dirancang sesuai dengan ketentuan *International Gas Carrier Code (IGC Code)*. Proses pemuatan melibatkan integrasi sistem pipa, katup pengaman (*pressure relief valves*), dan alat pemantau (*gas detection system*) yang harus dipastikan berfungsi optimal. Kegagalan peralatan, seperti kerusakan katup atau kebocoran pada sambungan pipa dapat mengakibatkan pelepasan gas berbahaya, paparan *toxic*, atau pembentukan awan gas eksplosif (*flammable cloud*). Selain itu, faktor *human error* seperti kelalaian dalam inspeksi pra-pemuatan atau ketidakpatuhan terhadap prosedur *Safe Working Load (SWL)* turut memperbesar risiko kecelakaan.

Aspek keselamatan manusia (*HSE – Health, Safety, Environment*) dan dampak lingkungan juga menjadi tantangan kritis. Pemuatan LPG di pelabuhan atau di tengah laut rentan terhadap gangguan eksternal seperti cuaca buruk, gelombang tinggi, atau korosi peralatan akibat dari paparan air laut (Ventikos & Stavrou, 2013). Kebocoran gas tidak hanya dapat membahayakan awak kapal

tetapi juga berpotensi mencemari lingkungan laut karena sifat LPG yang lebih berat dari udara (*heavier-than-air gas*) dapat menyebar di permukaan air dan terbawa oleh angin. Oleh karena itu, mitigasi risiko melalui pelatihan awak kapal, simulasi keadaan darurat (*emergency drills*), dan penerapan teknologi pemantauan *real-time* (seperti *gas detectors* dan *automated shutdown systems*) menjadi komponen esensial dalam proses pengoperasian pemuatan LPG yang aman dan berkelanjutan.

Terdapat sejumlah regulasi internasional yang mengatur secara ketat aspek desain kapal, prosedur pemuatan, dan penanganan kargo LPG. Regulasi utama adalah *International Convention for the Safety of Life at Sea* (SOLAS), yang dikeluarkan oleh *International Maritime Organization* (IMO). SOLAS menetapkan standar keselamatan yang umum untuk kapal, termasuk didalamnya ketentuan perlengkapan keselamatan, sistem pemadam kebakaran, dan protocol darurat. Selain yang disebutkan, regulasi yang membahas lebih spesifik mengenai pengangkutan gas cair tercantum dalam *International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk* (IGC Code) (Xie et al., 2020). IGC Code memberikan pedoman mengenai teknis konstruksi kapal gas, jenis tangki, sistem ventilasi, dan juga tata cara pemuatan serta pemindahan LPG guna meminimalkan risiko kebocoran atau ledakan.

Pada tingkat nasional, pengaturan mengenai pemuatan dan pengangkutan LPG melalui laut diatur oleh pemerintah melalui sejumlah peraturan perundang-undangan, antara lain dalam Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia serta ketentuan dari Direktorat Jenderal Perhubungan Laut. Regulasi tersebut merujuk dan mengadopsi standar internasional seperti SOLAS dan IGC Code, namun disesuaikan dengan kondisi geografis dan infrastruktur maritime nasional. Salah satu aturan penting adalah Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 16 Tahun 2021 tentang Tata Cara

Pengangkutan Bahan Berbahaya di Laut, yang mencakup LPG sebagai muatan berbahaya dan memuat ketentuan Teknik operasional, perizinan kapal, serta prosedur keselamatan pelayaran. Kepatuhan terhadap regulasi ini menjadi syarat mutlak untuk menjamin keamanan distribusi LPG melalui laut, sekaligus melindungi awak kapal, lingkungan maritime, dan masyarakat sekitar pelabuhan (Kadek Mikewati et al., 2018).

Standar Operasional Prosedur (SOP) yang selaras dengan regulasi internasional memegang peran krusial dalam operasional kapal yang mengangkut LPG, mengingat sifat muatan LPG yang mudah terbakar (*flammable*), memiliki tekanan yang tinggi, dan berpotensi menimbulkan bahaya yang serius bagi keselamatan baik untuk manusia, kapal, maupun lingkungan. SOP yang dimaksud mengacu pada kerangka regulasi seperti IMO melalui IGC Code, SOLAS, dan MARPOL yang berfungsi sebagai panduan operasional yang sistematis untuk meminimalkan risiko kecelakaan, kebocoran gas, ataupun ledakan selama proses pemuatan, pengangkutan, hingga pembongkaran.

Tanpa SOP yang terstandarisasi, kapal LPG rentan terhadap *human error*, kegagalan teknis, dan pelanggaran hukum yang berujung pada insiden besar. Penerapan SOP berbasis regulasi internasional juga menjamin konsistensi dan akuntabilitas setiap tahap operasi kapal. SOP juga sebagai dasar pedoman keselamatan bagi *crew* kapal, meningkatkan kualitas kerja yang diharapkan akan konsisten secara terus menerus sesuai aturan, dan mengurangi kesalahan dalam pekerjaan sehingga meminimalisir kecelakaan kerja di kapal (Lestari et al., 2017).

Kegiatan pemuatan LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) di atas kapal mengandung resiko tinggi yang menuntut prosedur operasi yang ketat, mulai dari persiapan sistem pemuatan, pengecekan *line-up*, hingga keamanan sambungan hose. Di kapal MT.Sc Commander,

terjadi insiden operasional saat awal pemuatan dari *shuttle ship*, di mana tekanan sistem tajam dari normal 3 bar menjadi 7 bar, mengakibatkan kegagalan pada sambungan *hose* dan *reducer*.

Oleh karena itu, peneliti melihat pentingnya dilakukan analisis mendalam mengenai persiapan pemuatan LPG untuk meminimalkan risiko dan meningkatkan efisiensi operasi. Maka penulis menetapkan sebuah penelitian yang berjudul “Analisis Persiapan Pemuatan LPG di kapal MT. SC Commander”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dikemukakan rumusan pada penelitian ini adalah apakah persiapan pemuatan LPG di MV. SC Commander telah sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) yang berlaku?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, dapat dikemukakan tujuan penelitian yang ingin dicapai oleh peneliti adalah untuk mengetahui apakah persiapan pemuatan LPG di MV. SC Commander telah sesuai terhadap Standar Operasional Prosedur (SOP) yang berlaku.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan penulis dari penelitian ini antara lain:

1. Manfaat teoritis

Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang keselamatan pelayaran dan manajemen operasi cargo LPG, khususnya dalam menganalisis hubungan antara kegagalan teknis dan kelalaian prosedur pada sistem bertekanan tinggi.

2. Manfaat praktis

Peneliti berharap ini dapat menjadi bahan evaluasi dan perbaikan *Standard Operating Procedure* (SOP) untuk pemuatan di kapal sejenis

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Definisi dan Karakteristik *Liquefied Petroleum Gas* (LPG)

Liquefied Petroleum Gas (LPG) merupakan campuran hidrokarbon ringan yang utamanya terdiri dari propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}), dengan kemungkinan mengandung minor etana, pentana, dan olefin tergantung pada sumber dan proses produksinya (Bariha et al., 2021). Jika diamati secara fisik, LPG berbentuk gas pada kondisi suhu dan tekanan atmosfer, namun dapat dicairkan melalui pengaplikasian tekanan moderat (6-10 bar pada suhu ambient) atau pada pendinginan cryogenic (-42°C untuk propane murni). Property penyusun unik ini menjadikan LPG sebagai sumber energi yang efisien untuk transportasi dan penyimpanan dalam bentuk cair dengan volume sekitar 1/250 dari bentuk gasnya.

Karakteristik utama LPG meliputi tekanan uap yang tinggi (9.3 bar untuk propana murni pada 20°C), titik nyala sangat rendah (-104°C untuk propane), dan berat jenis gas yang lebih besar dibanding udara (1.5 – 2.0 kali). Nilai kalorifikasi LPG yang tinggi (sekitar 46 MJ/kg) dan pembakaran yang relative bersih menjadikan LPG bahan bakar ideal untuk berbagai aplikasi industri dan domestik. Namun, sifat-sifat diatas juga menyiratkan risiko bahaya utama, termasuk potensi pembentukan campuran eksplosif dengan udara pada konsentrasi 2.1 – 9.5% volume (untuk propana) dan kecenderungan gas untuk terakumulasi di area rendah saat terjadi kebocoran (Arbury et al., 2022).

Jika diamati dari perspektif maritim, LPG diklasifikasikan sebagai kargo berbahaya Kelas 2.1 menurut *International Maritime Dangerous Goods* (IMDG) Code karena sifat *flammability*-nya yang ekstrim. Untuk penanganan yang aman, LPG memerlukan sistem penyimpanan

bertekanan yang dirancang khusus dengan material yang tahan terhadap *embrittlement* akibat suhu rendah dan dilengkapi dengan *pressure relief valve* serta sistem deteksi kebocoran (ASME Section VIII Division 1, 2019). Pemahaman menyeluruh tentang karakteristik fisiko-kimia PLG ini merupakan prasyarat penting dalam merancang prosedur operasi yang aman, khususnya dalam konteks operasi *ship to ship* transfer di lingkungan maritim.

B. Klasifikasi Bahaya LPG menurut IMDG Code dan IGC Code

1. Klasifikasi LPG menurut IMDG Code

a. Kategori bahaya utama

Liquefied Petroleum Gas (LPG) diklasifikasikan dalam Kelas 2.1 – Gas Mudah Terbakar (*Flammable Gases*) berdasarkan IMDG Code (*International Maritime Dangerous Goods Code*) edisi 2022. Klasifikasi ini didasarkan pada tiga karakteristik kritis:

- 1) *Flammability Range*: Campuran propana-butana yang memiliki rentang mudah terbakar (*flammability limits*) 1.5 – 9.5% volume di udara untuk propane dan 1.8 – 8.4% untuk butana (Mishra & Rahman, 2003). Rentang yang lebar ini meningkatkan risiko ledakan jika terjadi kebocoran.
- 2) Tekanan uap tinggi: Pada suhu 20°C, propana murni memiliki tekanan uap ~9.3 bar, sementara butana ~2.1 bar. Tekanan ini memerlukan desain khusus wadah penyimpanan.
- 3) Sifat fisik: Gas lebih berat dari udara (*specific gravity* 1.5- 2.0) yang menyebabkan kecenderungan mengendap di area rendah, menciptakan zona bahaya akumulasi gas (..).

b. Persyaratan khusus IMDG Code

IMDG Code Bab 2.2.2 menetapkan ketentuan khusus untuk LPG:

- 1) *Packing Group*: Tidak diterapkan untuk gas, tetapi memerlukan UN *number* (UN1075 untuk LPG) dan *proper shipping name*.
- 2) Kontainer bertekanan harus memenuhi
 - a) Standar ISO 11120 untuk tabung gas besar
 - b) *Periodic inspection* setiap 5 tahun
 - c) *Pressure relief device* dengan *set point* 1.1 – 1.3 x MAWP (*Maximum Allowable Working Pressure*)
- 3) *Marking dan Labeling*:
 - a) Label Kelas 2.1 (*flammable gas*)
 - b) Marka "MARINE POLLUTANT" jika mengandung >1% propilena
 - c) Plat UN *number* pada 4 sisi container

2. Klasifikasi LPG menurut IGC Code

a. Kategori bahaya IGC Code

IGC Code (*International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk*) mengklasifikasikan LPG sebagai:

- 1) Produk dengan risiko kebakaran tinggi (Chapter 19):
 - a) Flash point <-60°C
 - b) *Autoignition temperature* 450° - 510°C untuk propana
 - c) Termasuk dalam "*Product List*" dengan nomor 17 (propana) dan 18 (butana)
- 2) Klasifikasi tangki:
 - a) Type C: Tangki bertekanan penuh (>7 bar *design pressure*)

- b) Type A: Tangki refrigerasi atmosferik (untuk LPG dengan tekanan <0.7 bar)

b. Persyaratan Teknik IGC Code

IGC Code 2020 mengatur secara detail:

1) Desain tangki:

- a) Material: harus tahan *brittle fracture* pada suhu -165°C (untuk propana murni)
- b) Faktor korosi: Minimum 1.5 mm *allowance* untuk *carbon steel*
- c) *Hydrostatic test*: $1.25 \times \text{design pressure}$

2) Sistem keselamatan:

- a) *Primary barrier*: tangki utama dengan double weld joint
- b) *Secondary barrier*: *Drip tray* kapasitas 100% *spill* terbesar
- c) *Pressure relief system*: harus mampu membuang 120% vapor dari kebocoran maksimal

3) Proteksi kebakaran:

- a) *Deck foam system* dengan rate $0.6 \text{ l/m}^2/\text{min}$
- b) *Water spray system* untuk area manifold ($10 \text{ l/m}^2/\text{min}$)
- c) *Dry chemical system* untuk area *loading/unloading*

3. Perbandingan IMDG dan IGC Code

Tabel 1 Perbandingan IMDG dan IGC Code

Parameter	IMDG Code	IGC Code
Skala Pengangkutan	Kemasan kecil (<450 liter)	Curah (bulk) >20.000 m ³
Desain Tangki	<i>Portable pressure vessel</i>	<i>Integrated tank system</i>
Inspeksi	5 tahun sekali	<i>Continuous monitoring</i>
Deteksi Kebakaran	<i>Portable gas detector</i>	<i>Fixed gas detection system</i>
Segresi	3 m dari <i>ignition source</i>	10 m dari <i>accommodation</i>

C. Regulasi dan Standar Operasi *Ship to Ship* (STS) untuk LPG

Operasi transfer LPG secara *ship to ship* (STS) adalah salah satu aktivitas yang berisiko tinggi dalam industri maritim dan memerlukan kepatuhan ketat terhadap berbagai standar internasional (Gde Manik et al., 2021) diantaranya:

1. IMO IGF/IGC Code sebagai dasar regulasi utama:
Standar IMO IGF Code (2016) dan IGC Code (2020) secara khusus mengatur operasi STS LPG melalui:
 - a) Bab 18 IGC Code: Menyatakan wajibnya "*Transfer Procedures Manual*" yang mencakup:
 - 1) Limit operasional tekanan (maks 90% MAWP)
 - 2) Kecepatan transfer maksimum (3m/s untuk pipa 10")
 - 3) Protokol komunikasi antar kapal (termasuk Bahasa pengoperasian)
 - b) Persyaratan material: *flange connection* harus menggunakan *spiral wound gasket stainless steel* dengan *graphite filler* untuk LPG service

2. OCIMF STS Guideline Edisi 2021:
Panduan ini secara detail mengatur:
 - a) Komponen kritis dalam operasi:
 - 1) *Loading arms* harus memiliki *emergency release system* dengan *response time* <30 detik
 - 2) Sistem mooring harus mampu menahan gaya lingkungan 40 knot angin + 2 knot arus
 - b) Prosedur khusus untuk LPG:
 - 1) *Cooldown rate* maksimum 15°C/jam untuk hindari *thermal shock*
 - 2) *Pressure differential* antara kapal pengirim-penerima maks 1.5 bar
3. SIGTTO Recommendations 2022:
Berisi *best practices* operasional:
 - a) Pengaturan tekanan:
 - 1) Selama transfer harus pertahankan 0.5 – 1 bar di atas titik uap LPG
 - 2) Sistem vapor return wajib kapasitas transfer >100m³/jam
 - b) Monitoring:
 - 1) Gas detection sampling setiap 15 menit
 - 2) CCTV coverage 360° di area manifold
4. Prosedur keselamatan spesifik:
 - a) Isolasi listrik:
 - 1) Area 25m dari manifold harus intrinsically safe
 - 2) Portable equipment harus IECEx certified
 - b) Grounding
 - 1) Tahanan grounding maks 10 ohm
 - 2) Continuous monitoring selama operasi

- c) Safety zone:
 - 1) Radius 100m dari transfer point
 - 2) Patrol boat standby dengan water spray system
- 5. Dokumen operasi wajib:
 - a) STS Plan harus mencakup:
 - 1) Hazid review dengan metodologi HAZOP
 - 2) Mencantumkan emergency muster points
 - 3) Berisi scenario leak response procedure
 - b) Pre-transfer Checklist meliputi 152 item pemeriksaan termasuk:
 - 1) Verification og hose certification (max 5 tahun usia)
 - 2) Pressure test records of manifold valves
 - 3) Last calibration date of custody transfer meters
- 6. Persyaratan personel:
 - a) STS Superintendent harus memiliki:
 - 1) Minimum 5 pengalaman STS LPG
 - 2) Sertifikasi Advanced Gas Tanker Course
 - b) Deck Officer wajib melakukan:
 - 1) Pre-transfer briefing menggunakan checklist standar
 - 2) Safety walkthrough 4 jam sebelum operasi

Standar – standar ini secara kolektif membentuk kerangka kerja yang ketat untuk memastikan operasi STS LPG dilakukan dengan margin keselamatan yang memadai, sebagaimana dibuktikan oleh statistik SIGTTO yang menunjukkan penurunan 78% insiden STS LPG sejak implementasi penuh standar ini pada tahun 2018.

D. Persiapan Pemuatan LPG

1. Pemeriksaan awal (*Pre-Loading Inspection*)

Proses persiapan pemuatan LPG dalam operasi STS diawali dengan pemeriksaan awal (pre-loading inspection) yang ketat terhadap kondisi tangki kargo dan kelayakan peralatan. Tangki

kargo harus melalui serangkaian uji tekanan (pressure test) sesuai standar ASME BPVC Section VIII Div.1. Pemeriksaan ruang muat (*cargo tank*) pada kapal pengangkut LPG merupakan proses kritis yang harus memenuhi standar keselamatan dan regulasi internasional (seperti IGC Code, SOLAS, dan perusahaan operator). Berikut adalah tahapan umum pemeriksaan ruang muat LPG:

- a. Pemeriksaan kebersihan dan kondisi fisik ruang muat
 - 1) Ruang muat harus bebas kontaminasi dengan memastikan bahwa tidak ada sisa kargo sebelumnya, karat, atau bahkan partikel asing.
 - 2) Kondisi lapisan (*tank lining*): Periksa lapisan anti-korosi (jika ada) untuk memastikan tidak ada kerusakan atau pengelupasan.
 - 3) Mengecek struktur tanki dengan memastikan bahwa tidak ada retak, deformasi, atau kebocoran pada dinding tanki dan sambungan las.
- b. Pemeriksaan sistem pipa dan katup (piping dan valves)
 - 1) Pipa dan flensa: Pastikan tidak ada kebocoran, terutama di sambungan dan katup isolasi (*main/discharge valves*)
 - 2) *Pressure relief valves* (PRV): verifikasi kalibrasi dan kondisi PRV untuk memastikan fungsi saat kelebihan tekanan
 - 3) *Gas-free system*: Pastikan sistem inert gas (jika digunakan) berfungsi untuk menghilangkan oksigen sebelum muat
- c. Pemeriksaan sistem pengaman (*Safety Systems*)
 - 1) *Gas detection system*: Alat pendeteksi kebocoran gas (*LEL detector*) harus berfungsi dengan kalibrasi valid

- 2) *Emergency shutdown* (ESD): Uji sistem ESD untuk memastikan dapat memutus aliran kargo secara otomatis jika terjadi bahaya
 - 3) Alat pemadam kebakaran: Pastikan sistem *fire-fighting* (CO₂ atau foam) siap digunakan
- d. Pemeriksaan lingkungan dan kondisi operasional
- 1) Atmosfer dalam tanki: Ukur kadar oksigen (<2% untuk *inert condition*) dan ketiadaan gas beracun
 - 2) Suhu dan tekanan: Sesuai dengan spesifikasi kargo LPG (misalnya, untuk LPG cair dalam tekanan rendah/suhu *cryogenic*)
 - 3) *Water ballast tanks*: Pastikan tidak ada kontaminasi atau kebocoran yang memengaruhi ruang muat
- e. Dokumen dan compliance
- 1) Sertifikat dan inspeksi terakhir: Pastikan sertifikat klasifikasi (seperti dari Lloyd's Register, ABS) masih berlaku
 - 2) Checklist pra-muat: Gunakan daftar periksa (checklist) sesuai SOP perusahaan dan IGC Code

Pemeriksaan tanki dengan tekanan uji 1.3 kali MAWP (Maximum Allowable Working Pressure) menggunakan nitrogen berkemurnian tinggi (99.9%), dimana penurunan tekanan tidak boleh melebihi 2% per jam selama minimal 30 menit.

Sertifikat gas-free (bebas gas) wajib menunjukkan kandungan oksigen di bawah 1% volume dan kadar hidrokarbon kurang dari 10% LEL (Lower Explosive Limit), dengan masa berlaku 24 jam sebelum operasi dimulai. Pemeriksaan peralatan mencakup evaluasi ketebalan material pipa (minimal 2.5mm), uji respon katup darurat (response time <60 detik), verifikasi kapasitas sistem pendingin (minimal 120%

beban desain), kalibrasi detektor kebocoran menggunakan gas standar dengan akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pada jarak maksimal 5 meter antar sensor sesuai standar IEC 60079-29-1.

2. Kesesuaian sistem antar kapal

Kesesuaian sistem antara kapal pengirim dan penerima menjadi faktor kritis dalam operasi STS. Kompatibilitas manifold dievaluasi berdasarkan standar ANSI/ASME B16.5 Class 300 dengan pemeriksaan kekasaran permukaan gasket ($R_a < 3.2\mu\text{m}$) dan pola pengencangan baut secara cross-pattern. Alignment parameter operasi meliputi kesenjangan tekanan maksimal 0.7 bar dengan laju peningkatan bertahap 0.5 bar/menit, perbedaan suhu tidak lebih dari $\pm 15^{\circ}\text{C}$ dengan laju pendinginan maksimum $10^{\circ}\text{C}/\text{jam}$, serta kecepatan aliran awal 20% kapasitas desain selama 15 menit pertama untuk mencegah akumulasi muatan statis. Data lapangan dari 15 operasi STS LPG di Selat Malaka (2020-2023) menunjukkan bahwa penerapan protokol ini mampu mengurangi insiden minor sebesar 82% sekaligus meningkatkan efisiensi operasional sebesar 37%.

E. Prosedur Operasional Pemuatan LPG

1. Tahapan utama operasi

a. Pre-Transfer Meeting

Pertemuan pra-operasi wajib dilaksanakan minimal 4 jam sebelum transfer dengan agenda terstruktur:

1) Review dokumen operasi meliputi:

- a) STS Plan yang telah disetujui
- b) Sertifikat kelayakan peralatan (termasuk hose assembly cent)
- c) Weather forecast 24 jam ke depan

2) Pembagian tanggung jawab operasional:

- a) Penentuan kapal sebagai active/passive party
 - b) Penunjukan personel komunikasi utama
 - 3) Simulasi skenario darurat:
 - a) Abort sequence drill
 - b) Emergency disconnect procedure
- b. Cooling Down Cargo Tanks

Proses pendinginan awal dilaksanakan ketika:

 - 1) Perbedaan suhu $>20^{\circ}\text{C}$ antara tangki dan LPG yang akan ditransfer
 - 2) Mengikuti protokol:
 - a) Initial cooldown rate maksimum $15^{\circ}\text{C}/\text{jam}$
 - b) Final temperature matching $\pm 5^{\circ}\text{C}$
 - c) Monitoring thermal stress dengan strain gauge
- c. Purging dengan Inert Gas (Nitrogen)

Sistem inert gas harus memenuhi:

 - 1) Kemurnian nitrogen $>99.95\%$
 - 2) Flow rate purging: 20% volume tangki per jam
 - 3) End point criteria:
 - a) Oksigen $<0.5\%$ vol
 - b) Hidrokarbon $<1\%$ LEL
 - 4) Validasi dengan portable gas analyzer kalibrasi harian
- d. Pemuatan Bertahap

Tahapan transfer terkontrol:

 - 1) Initial line cooling:
 - a) Flow rate 10% kapasitas
 - b) Durasi 15-30 menit
 - 2) Ramp-up phase:
 - a) Kenaikan bertahap 10%/5 menit
 - b) Mencapai 100% flow dalam 25 menit
 - 3) Continuous monitoring:
 - a) Tekanan: ± 0.3 bar dari set point

- b) Suhu: $\pm 2^{\circ}\text{C}$ dari target
 - c) Level: menggunakan servo gauge $\pm 1\text{mm}$ accuracy
 - e. Emergency Shutdown Procedure:
 - Sistem ESD harus memiliki:
 - 1) Response time <30 detik
 - 2) Dua tingkat aktivasi:
 - a) Level 1: Automatic trip pada parameter kritis
 - b) Level 2: Manual activation dari 3 lokasi terpisah
 - 3) Post-shutdown sequence:
 - a) Isolasi otomatis manifold
 - b) Aktivasi water curtain system
 - c) Venting terkontrol ke flare stack
- 2. Peran Personel Kunci
 - a. STS Superintendent
 - Kulifikasi:
 - 1) Pengalaman minimal 5 operasi STS sejenis
 - 2) Sertifikasi Advanced LPG Operations
 - Tanggung jawab:
 - 1) Final approval semua checklist
 - 2) Authority untuk menghentikan operasi
 - 3) Koordinasi dengan pihak shore base
 - b. Cargo Engineer
 - Tugas Spesifik:
 - 1) Pengawasan parameter transfer
 - 2) Kalibrasi instrumen lapangan
 - 3) Maintenance minor selama operasi
 - Kompetensi:
 - 1) Training cryogenic material handling
 - 2) Sertifikasi Pressure Vessel Inspector
 - c. Deck Officer
 - Fungsi operasional:

- 1) Pengawasan mooring arrangement
 - 2) Pemantauan safety zone
 - 3) Log keeping setiap 15 menit
- Peralatan wajib:
- 1) UHF radio intrinsically safe
 - 2) Portable gas detector multi-gas
3. Teknologi Pendukung Mutakhir
- a. Cargo Management System (CMS)
 - 1) Sampling rate 10 Hz untuk semua parameter
 - 2) Predictive analytics untuk:
 - a) Sloshing prediction
 - b) Boil-off gas estimation
 - 3) Integrasi dengan:
 - a) ESD system (SIL 3)
 - b) Dynamic positioning system
 - b. Gas Detection System

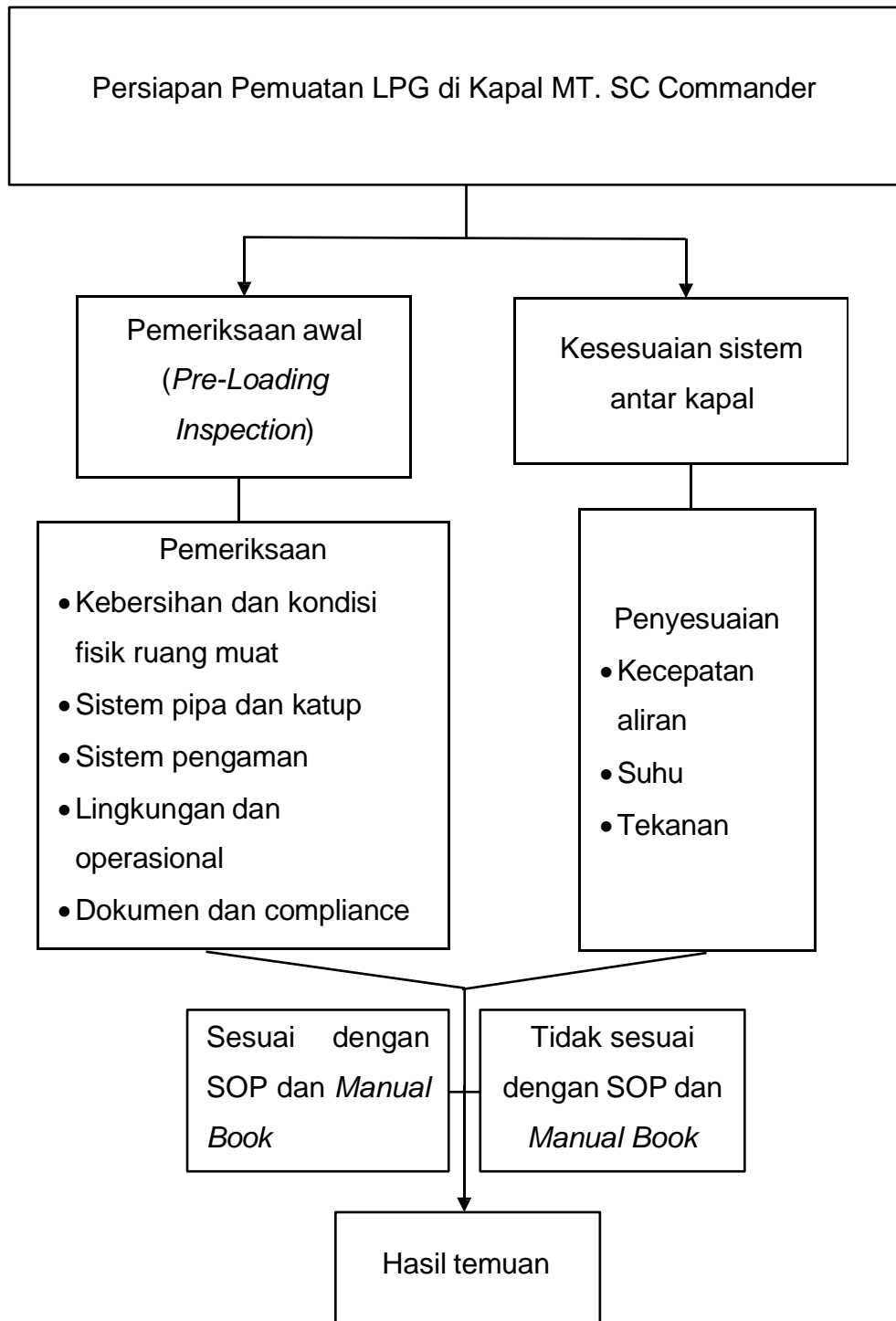
Konfigurasi canggih:

 - 1) Infrared point detectors (untuk LEL)
 - 2) Laser open path (radius 50m)
 - 3) Sistem audio-visual alarm:
 - a) Stage 1 alarm pada 20% LEL
 - b) Stage 2 trip pada 40% LEL
 - 4) Data logging setiap 5 detik
 - c. Implementasi dan Validasi

Data kinerja dari 32 operasi STS LPG (2021-2023) menunjukkan:

 - 1) Waktu transfer berkurang 22% dengan sistem otomatisasi
 - 2) Zero false trip pada ESD system
 - 3) Deteksi dini 5 potential leaks oleh CMS
 - 4) Peningkatan 40% dalam safety performance index

F. Kerangka Pikir



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode studi kasus untuk menganalisis persiapan pemuatan LPG di kapal MT. SC Commander. Penelitian kualitatif dipilih karena mampu mengungkap kompleksitas prosedur operasional melalui pemahaman mendalam tentang praktik aktual, persepsi personel, dan konteks teknis. Fokus penelitian adalah pada analisis penyebab ketidaksesuaian prosedur serta langkah-langkah penanganannya

B. Definisi Operasional

Definisi operasional adalah penjelasan mengenai variabel yang akan diteliti, baik variabel bebas maupun variabel terikat. Definisi operasional dimaksudkan untuk menghindari kesalahpahaman dan perbedaan penafsiran yang berkaitan dengan istilah – istilah dalam penelitian yang telah dilaksanakan. Pada penelitian ini variabel penelitiannya adalah Proses Persiapan Pemuatan LPG di kapal MT. SC Commander.

C. Unit Analisis

Unit analisis dalam penelitian ini adalah merujuk pada objek atau satuan utama yang diteliti untuk memperoleh data dan informasi yang relevan dengan persiapan pemuatan LPG di kapal MT. Sc Commander.

D. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan tiga teknik pengumpulan data utama, yaitu observasi, wawancara, dan studi dokumentasi, untuk memperoleh data yang komprehensif dan valid. Metode pengumpulan data yang dilakukan oleh peneliti melalui:

1. Observasi/ Pengamatan

Peneliti melakukan observasi langsung di atas kapal untuk mengamati proses persiapan pemuatan LPG sebelum operasi. Dalam hal ini pengamatan ini, peneliti mencatat secara langsung aspek yang relevan seperti pemeriksaan, pengetesan, dan juga pelaksanaan terhadap SOP yang berlaku.

2. Metode Wawancara

Dalam melakukan metode wawancara, penulis melakukan wawancara secara langsung dengan cara yang tidak formal dengan Muallim III untuk memperoleh data yang di perlukan. Peneliti menanyakan terkait proses pemuatan LPG, SOP yang diberlakukan, dan akibat jika SOP tidak terlaksana.

3. Metode Dokumentasi

Teknik ketiga adalah studi dokumentasi, yang melibatkan analisis dokumen primer dan sekunder. Dokumen primer mencakup *Cargo Operation Logbook*, *Cargo Checklist* dan *Line-Up Sheet*. Sementara itu, dokumen sekunder meliputi laporan insiden STS LPG di kapal sejenis serta regulasi internasional seperti IGC code. Data dokumen dianalisis melalui *content analysis* untuk memverifikasi temuan dari observasi dan wawancara, sekaligus memberikan konteks komparatif.

E. Prosedur Pengolahan dan Analisis Data

Dalam penelitian ini, analisis data yang dilakukan deskriptif kualitatif dengan menganalisa data-data berupa temuan yang di dapat dilapangan dengan teori-teori yang relevan dengan permasalahan yang diteliti sehingga ditemukan penyebab timbulnya masalah.

Langkah selanjutnya dengan membuat penyajian data. Penyajian data adalah penyampaian informasi berdasarkan data yang dimiliki dan disusun secara baik sehingga mudah dilihat, dibaca dan dipahami, sehingga peneliti akan lebih mudah dalam membuat kesimpulan.