

**OPTIMALISASI KEGIATAN COOL DOWN DI
MV. TANGGUH PALUNG**



**TRISUM
NIT. 21.41.081
NAUTIKA**

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

OPTIMALISASI KEGIATAN *COOL DOWN* DI MV. TANGGUH PALUNG

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk
Menyelesaikan Program Pendidikan
Diploma IV Pelayaran

Program Studi Nautika

Disusun dan Diajukan oleh

TRISUM
NIT. 21.41.081

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

SKRIPSI
OPTIMALISASI KEGIATAN COOL DOWN DI
MV. TANGGUH PALUNG

TRISUM
NIT. 21.41.081

Telah dipertahankan di depan Panitia seminar Skripsi
Pada tanggal 14 AGUSTUS 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Capt. Bustamin, M.T., M.Mar.
NIP. 197010052002121001



Wardimansyah Ridwan, S.Pd., M.Pd.
NIP. 199405192023211012

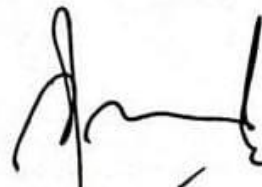
Mengetahui :

a.n Direktur
Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Pembantu Direktur I

Ketua Program Studi Nautika



Capt. Faisal Saransi, MT., M.Mar.
NIP. 197503291999031002



Subehana Rachman, S.A.P., M.Adm. S.D.A.
NIP. 197809082005022001

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas limpahan dan kasih karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan judul “Optimalisasi Kegiatan Cool Down di MV. Tangguh Palung”. Penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat bagi Taruna Program Studi Nautika dalam rangka menyelesaikan pendidikan pada Program Diploma IV Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar. Penulis menyadari bahwa dalam pelaksanaan penelitian ini masih terdapat berbagai kekurangan, baik dalam penggunaan bahasa, struktur kalimat, teknik penulisan, maupun dalam pembahasan materi. Hal tersebut tidak terlepas dari keterbatasan penulis dalam menguasai materi, keterbatasan waktu, serta data yang tersedia.

Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan dan penyempurnaan penelitian ini. Pada kesempatan ini, penulis juga ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang senantiasa memberikan kekuatan, kesehatan, dan inspirasi bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Capt. Rudy Susanto, M.Pd. Selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
3. Ibu Subehana Rachman, S.A.P., M.Adm., S.D.A. Selaku Ketua Program Studi Nautika Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
4. Bapak Capt. Bustamin, M.T., M.Mar. Selaku Dosen Pembimbing I Pada penulisan Skripsi ini.
5. Bapak Wardimansyah Ridwan, S.Pd., M.Pd. Selaku Dosen Pembimbing II Pada penulisan Skripsi ini.
6. Seluruh staff pengajar Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar atas bimbingan yang diberikan kepada penulis selama menempuh proses Pendidikan di PIP Makassar.
7. Seluruh Civitas Akademika Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

8. Yang terhormat PT. Equinox Bahari Utama dan *K Marine Ship Management PTE. LTD* yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk melaksanakan praktek laut.
9. Seluruh *Crew LNG Tangguh Palung* yang telah memberikan inspirasi dan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
10. Penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ayahanda dan Ibunda atas segala doa, kasih sayang, ketulusan, serta dorongan semangat yang tiada henti dalam mendampingi penulis hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan tepat waktu.
11. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, selama proses penyusunan tugas akhir dan dalam menjalani pendidikan di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Akhir kata, penulis berharap semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi yang berguna, khususnya bagi para Taruna. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya kepada kita semua.

Makassar, 13 Agustus 2025

Penulis



Trisum

21.41.081

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : Trisum
NIT : 21.41.081
Program Studi : Nautika

Saya menyatakan bahwa penelitian dengan judul:

Optimalisasi Kegiatan *Cool Down* di MV. Tangguh Palung

Merupakan karya asli saya sendiri dan bukan merupakan plagiarisme penelitian dari orang lain. Saya bertanggung jawab sepenuhnya atas judul maupun isi dari skripsi ini.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Makassar, 13 Agustus 2025



TRISUM

NIT. 21.41.081

ABSTRAK

TRISUM. *Optimalisasi Kegiatan Cool Down di MV. Tangguh Palung* (Dibimbing oleh Bustamin dan Wardimansyah Ridwan)

Latar belakang dilakukannya penelitian berjudul "*Optimalisasi Kegiatan Cool Down pada Kapal MV. Tangguh Palung*" didasarkan pada kurang efektifnya pelaksanaan kegiatan *cool down*, yang berdampak pada terhambatnya proses bongkar muat sesuai jadwal yang telah ditetapkan sebelumnya. Berdasarkan permasalahan tersebut, peneliti merumuskan dua pertanyaan utama: 1) Bagaimana kegiatan *cool down* LNG di kapal MV. Tangguh Palung? 2) Bagaimana Upaya untuk mengoptimalkan kegiatan *cool down* di kapal MV. Tangguh Palung?

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan pendekatan analisis, yang mencakup *fishbone analysis* dan *problem solving*. Sumber data diperoleh dari hasil observasi langsung serta rekaman operasi selama pelaksanaan *cooling down* di kapal MV. Tangguh Palung.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) Terdapat prosedur penanganan *cooling down* yang tepat dan aman; dan (2) Ditemukan beberapa faktor penghambat dalam kegiatan *cool down*, di antaranya keterbatasan waktu sandar kapal, volume LNG yang tidak mencukupi, serta kerusakan pada katup (*spray valve*).

Berdasarkan temuan tersebut, peneliti menyarankan agar pelaksanaan kegiatan *cool down* senantiasa merujuk pada *Ship's Cargo Handling Manual*, *International Gas Carrier (IGC) Code*, dan standar dari *Society of International Gas Tanker and Terminal Operators (SIGTTO)* guna menjamin keselamatan operasi dan mencegah potensi risiko yang dapat membahayakan kapal maupun muatannya.

Kata Kunci : *Cargo Operation, Cool Down, LNG.*

ABSTRACT

TRISUM. *Optimalization of Cool Down Operation on MV. Tangguh Palung (Supervised by Bustamin and Wardimansyah Ridwan)*

The author chose the topic “Optimization of Cool Down Operation on MV. Tangguh Palung” due to observed inefficiencies in the cool down operation on MV. Tangguh Palung. The research focuses on two main questions; 1) How is the cool down operation conducted on board MV. Tangguh Palung? 2) How can the cool down operation on board MV. Tangguh Palung be optimized?

This study uses a descriptive qualitative research method, employing fishbone analysis and problem-solving techniques. Data sources include direct observations and operational records gathered during the author’s participation in the cool down operations on board LNG Tangguh Palung.

This results indicate that; 1) The cool down operation procedures are conducted precisely and safely, 2) Several obstacles were encountered during the cool down operation on LNG Tangguh Palung, including berthing schedule delays, small quantities of LNG, and spray valve failures.

The author suggests that cool down operations should strictly follow the Ship’s Cargo Handling Manual, the IGC Code, and SIGTTO guidelines to ensure safe operations and to prevent incidents that could endanger the ship and its cargo.

Keywords: Cargo Operation, Cool Down, LNG.

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PENGAJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PRAKATA	iv
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Landasan Teori	6
1. Optimalisasi	6
2. Proses bongkar muat	6
3. Muatan	7
4. Muatan Berbahaya	10
5. Liquefied Natural Gas (LNG)	14
6. Cool Down	17
7. Kapal	22
B. Penelitian yang Relevan	24
C. Kerangka Pikir	25
BAB III METODE PENELITIAN	28
A. Jenis Penelitian	28
B. Definisi Operasional Variabel	28

C. Teknik pengumpulan data	30
D. Teknik Analisis Data	32
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	35
A. Hasil Penelitian	35
B. Pembahasan	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	52
A. Kesimpulan	52
B. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	56
RIWAYAT HIDUP	64

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
2.1. Kerangka Pikir	27
3.1. <i>fishbone analysis</i>	33
4.1 .MV. Tangguh Palung	35
4.2. MV. Tangguh Palung	36
4.3. <i>Cargo Piping Arrangement in CCR</i>	37
4.4. Lokasi Penelitian	37
4.5. <i>fishbone analysis</i>	41

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
2.1. Prosedur Operasi untuk pendinginan tanki muatan	19
4.1. Analisa Keterlambatan secara akumulatif	39
4.2. Perbandingan Penelitian dengan Studi Kasus 1	45
4.3. Perbandingan Penelitian dengan Studi Kasus 2	46
4.4. Perbandingan Penelitian dengan Studi Kasus 3	47

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
Lampiran 1. Hasil Wawancara dengan <i>Chief Officer</i>	57
Lampiran 2. Hasil Wawancara dengan <i>First Officer</i>	58
Lampiran 3. <i>Ship's Particular of MV. Tangguh Palung</i>	59
Lampiran 4. <i>Crew List of MV. Tangguh Palung</i>	60
Lampiran 5. Dokumentasi	61

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Transportasi memegang peran penting dalam mendukung laju pertumbuhan perekonomian global. Seiring dengan meningkatnya volume perdagangan internasional, kebutuhan akan sistem distribusi yang efisien, aman, dan ekonomis menjadi semakin mendesak. Salah satu moda transportasi yang dinilai mampu menjawab kebutuhan tersebut adalah transportasi laut, yang menawarkan kapasitas daya angkut besar, efisiensi biaya, serta jangkauan distribusi yang luas. Hal ini sejalan dengan kondisi geografis bumi, di mana lebih dari 70% permukaannya terdiri atas wilayah perairan, menjadikan laut sebagai jalur distribusi yang strategis dalam mendukung kegiatan ekspor dan impor lintas negara.

Dalam proses pendistribusian barang melalui laut, terdapat beberapa aspek yang menjadi dasar pertimbangan dalam pemilihan moda transportasi. Pertama, aspek keamanan sangat penting untuk menghindari potensi kerugian akibat kerusakan muatan atau kecelakaan selama pelayaran. Kedua, kapasitas daya muat menjadi faktor utama karena pengangkutan dalam jumlah besar memungkinkan efisiensi waktu dan biaya yang lebih tinggi. Ketiga, biaya operasional yang rendah menjadi salah satu pertimbangan utama untuk menekan harga jual produk agar tetap kompetitif dan terjangkau. Keempat, efisiensi waktu dalam proses pengiriman barang juga menjadi indikator keberhasilan suatu sistem logistik, karena ketepatan waktu dalam pengiriman turut menentukan kepuasan konsumen dan kelancaran rantai pasok global.

Dalam konteks ini, kapal laut menjadi sarana utama dalam pelaksanaan kegiatan distribusi barang, terutama untuk produk-produk dalam jumlah besar dan bernilai tinggi seperti energi. Salah satu jenis kapal niaga yang memiliki peranan strategis dalam transportasi energi adalah kapal *Liquefied Natural Gas Carrier* (LNG Carrier), yakni kapal khusus yang

dirancang untuk mengangkut gas alam dalam bentuk cair (LNG). LNG merupakan salah satu sumber energi bersih yang kini semakin banyak digunakan sebagai alternatif bahan bakar fosil. Oleh karena itu, kegiatan distribusi LNG melalui laut terus mengalami peningkatan, baik dari sisi volume muatan maupun dari sisi teknologi kapal dan pelabuhan.

Penulis mendapatkan kesempatan untuk melaksanakan praktik laut (*sea project*) di atas kapal LNG MV. *Tangguh Palung*, yaitu kapal pengangkut LNG yang berbendera Indonesia dan beroperasi dalam jaringan distribusi gas alam internasional. Praktik ini berlangsung selama satu tahun dua puluh dua hari, terhitung sejak tanggal 31 Agustus 2023 hingga 20 Oktober 2024. MV. *Tangguh Palung* merupakan kapal LNG dengan sistem tangki muatan berjenis *Membrane Type GTT Mark III*, dan memiliki empat tangki sebagai ruang penyimpanan muatan. Muatan utama yang diangkut adalah metana (CH_4), yaitu senyawa hidrokarbon yang tergolong dalam kelompok alkana dan menjadi komponen utama LNG.

Seiring meningkatnya aktivitas ekspor-impor LNG dan modernisasi infrastruktur pelabuhan LNG, maka sistem bongkar muat kapal LNG pun mengalami perkembangan pesat. Salah satu tahapan penting dalam proses bongkar muat LNG adalah kegiatan cool down, yaitu proses pendinginan tangki muatan hingga mencapai suhu ideal untuk menerima atau mengosongkan LNG. Proses cool down ini termasuk dalam tahap pre-loading dan pre-discharging, yang wajib dilaksanakan dengan ketat sesuai prosedur operasional standar, pedoman keselamatan internasional, dan rekomendasi dari pabrikan tangki. Pelaksanaan cool down yang tidak tepat dapat menimbulkan berbagai risiko, termasuk keterlambatan operasional, kerugian finansial, dan bahkan potensi bahaya bagi kapal dan awaknya.

Selama menjalani praktik laut di atas kapal MV. *Tangguh Palung*, penulis mengamati bahwa pelaksanaan kegiatan *cool down* tidak berjalan secara optimal. Kapal mengalami keterlambatan saat akan melakukan pemuatan LNG karena suhu tangki belum mencapai ambang batas minimum yang disyaratkan, yaitu di bawah -130°C . Ketidaksiapan tangki ini

menyebabkan kapal harus mengulang proses pendinginan yang memerlukan waktu tambahan beberapa jam. Kondisi ini menyebabkan jadwal bongkar muat terganggu dan berpotensi meningkatkan biaya operasional. Ketidakefisienan ini tentu berdampak langsung terhadap produktivitas dan keandalan operasi kapal, terlebih pada jalur distribusi LNG yang sangat mengandalkan ketepatan waktu.

Fenomena ini bukanlah kasus tunggal. Berdasarkan studi sebelumnya oleh Taruna Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, Muhammad Ways Alkurni (2019), ditemukan bahwa keterlambatan proses *cool down* juga terjadi pada kapal MV. *Tangguh Foja*. Beberapa faktor penyebab yang diidentifikasi dalam penelitian tersebut antara lain adalah kurangnya pemahaman awak kapal terhadap prosedur *cool down*, kerusakan pada katup *spray master*, miskomunikasi antara *Central Control Room* (CCR) dengan tim di sisi lokal, serta penolakan dari pihak pelabuhan untuk melakukan *flaring*. Bahkan, kapal mengalami kondisi *Emergency Shut Down* (ESD) akibat tekanan balik dari terminal darat yang lebih tinggi daripada tekanan dalam tangki kapal, sehingga menyebabkan tekanan pada tangki kapal melebihi batas maksimum (20 kPa).

Berdasarkan temuan-temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa proses *cool down* merupakan tahapan krusial dalam operasi kapal LNG dan harus dilaksanakan secara tepat dan efisien. Pelaksanaan *cool down* tidak hanya berdampak pada kesiapan kapal untuk memuat atau membongkar LNG, tetapi juga berkaitan erat dengan keselamatan kapal, efisiensi operasional, dan kepatuhan terhadap regulasi internasional seperti *International Gas Carrier (IGC) Code*, *Ship's Cargo Handling Manual*, serta standar dari *Society of International Gas Tanker and Terminal Operators* (SIGTTO).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dikemukakan rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kegiatan *cool down* LNG dikapal MV. Tangguh Palung?
2. Bagaimana upaya untuk mengoptimalkan kegiatan *cool down* dikapal MV. Tangguh Palung?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis pelaksanaan kegiatan *cool down* LNG di atas kapal MV. Tangguh Palung berdasarkan prosedur operasional dan pedoman keselamatan yang telah ditetapkan.
2. Untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi dalam upaya optimalisasi kegiatan *cool down* pada kapal MV. Tangguh Palung, guna meningkatkan efisien dan efektivitas proses bongkar maut LNG.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Manfaat Teoritis
 - a. Bagi penulis
 - 1) Dapat menambah wawasan, pengetahuan dan kemampuan pemikiran dalam dunia industri di masa yang akan datang.
 - 2) Melatih penulis untuk mampu berfikir kritis dalam memahami permasalahan yang ditemui, terkhusus pada subjek penelitian.
 - b. Bagi Institusi
 - 1) Meningkatkan mutu dan kualitas lembaga pendidikan atau institusi.
 - 2) Memberikan bahan bacaan kepada pustakawan yang ingin memahami proses kegiatan *cool down* pada kapal LNG.
 - c. Bagi pembaca
 - 1) Menambah wawasan dan pengetahuan di kalangan umum, khususnya dalam hal proses kegiatan *cool down* yang dilakukan secara aman, efisien, dan efektif pada kapal LNG.

2. Manfaat Praktis

- a. Menjadi bahan masukan dan acuan dalam meningkatkan pengetahuan serta pemahaman para perwira di atas kapal pengangkut LNG mengenai proses pelaksanaan kegiatan *cool down* sebagai bagian penting dalam persiapan muat LNG.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Optimalisasi

Menurut Nurrohman (2017) Optimalisasi merupakan suatu upaya sistematis untuk meningkatkan kinerja pada suatu unit kerja atau individu yang berkaitan dengan kepentingan umum, dengan tujuan mencapai tingkat kepuasan dan keberhasilan yang maksimal dalam pelaksanaan kegiatan tersebut.

Menurut Huda M.N (2018) Optimalisasi berasal dari kata *optimal* yang berarti terbaik atau tertinggi. Mengoptimalkan berarti membuat sesuatu menjadi yang paling baik atau paling tinggi. Sedangkan optimalisasi adalah suatu proses atau upaya untuk mengoptimalkan sesuatu, yaitu menjadikan sesuatu mencapai kondisi terbaik atau tertinggi dalam pelaksanaannya.

Berdasarkan uraian di atas, optimalisasi dapat diartikan sebagai suatu tindakan atau proses untuk memperoleh hasil yang terbaik dengan memanfaatkan kondisi yang ada. Optimalisasi bertujuan untuk meminimalkan upaya yang diperlukan dalam mencapai tujuan tertentu sekaligus memenuhi seluruh kebutuhan yang ada, sehingga dapat menghasilkan pencapaian tujuan akhir secara maksimal, efisien, dan efektif.

2. Proses bongkar muat

Menurut Fakhurrozi (2017:19) Pada prinsipnya, pemuatan atau pemadatan itu meliputi lima faktor yang perlu diperhatikan, yaitu:

- a. Melindungi muatan (*to protect the ship*).
- b. Melindungi muatan (*to protect the cargo*).
- c. Keselamatan buruh dan ABK (*safety of crew and longshore man*).
- d. Melaksanakan pemuatan secara sistematis (*to obtain rapid*

systematic loading and discharging).

- e. Memenuhi ruang muatan sepenuh mungkin sesuai daya tampungnya (*to obtain the maximum use of available cubic of the ship*).

3. Muatan

Menurut Fakhurrozi (2017:5-10) Untuk mencapai kualitas muatan yang baik dan menjaga agar kondisi muatan tetap sama seperti saat diterima di kapal, sangat penting untuk memahami dengan baik bentuk, metode pemuatan, serta sifat-sifat dari muatan itu sendiri.

Jenis muatan secara umum dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu:

a. Berdasarkan cara pemuatan

1) Muatan curah (*bulk cargoes*)

Muatan yang tidak menggunakan kemasan khusus, contohnya batu bara, gandum, semen, biji besi, jagung, kopra, dan sebagainya.

2) Muatan dingin atau beku (*refrigerated or Frozen cargoes*)

Muatan yang memerlukan suhu rendah tertentu selama pengangkutan, seperti daging, keju, buah-buahan, sayuran, dan minuman segar.

3) Muatan cair (*liquid cargoes*), hasil minyak (*oil product*)

Muatan berupa hasil olahan minyak, misalnya MDF, bensin, kerosin, minyak kelapa sawit, dan lain-lain.

4) Muatan gas (*gas cargoes*)

Muatan yang berupa gas, seperti gas alam cair (*Liquified Natural Gas*), LPG (*Liquified Petroleum Gas*), dan sejenisnya.

5) Muatan campuran (*general cargoes*)

Muatan yang dikemas dalam bentuk tertentu, seperti peti, karung, karton, dan barang kelontongan.

6) Muatan peti kemas (*container cargoes*)

Muatan yang dimuat dalam peti baja berukuran standar, contohnya peti kemas 20 *feet* dan 40 *feet*.

b. Berdasarkan sifat atau mutu muatan

Muatan yang diangkut dapat diklasifikasikan menurut sifat dan kualitasnya menjadi beberapa golongan, antara lain:

1) Muatan basah (*Wet cargo*)

Muatan cair yang dikemas dalam botol atau drum sehingga jika pecah atau bocor dapat membasahi muatan lainnya. Contohnya susu, bir, buah dalam kaleng, cat, minyak pelumas, dan minyak kelapa.

2) Muatan kering (*Dry Cargo*)

Muatan yang mudah rusak jika terkena basah dan harus dipisahkan dari muatan basah. Dalam satu palka, muatan kering harus ditempatkan di atas, sedangkan muatan basah di bawah. Contohnya tepung, beras, biji-bijian, bahan pangan kering, kertas rokok, kopi, teh, tembakau.

3) Muatan kotor/ berdebu (*Dirty / Dusty Cargo*)

Muatan yang menimbulkan debu dan dapat merusak muatan lain, seperti semen, biji timah, arang, aspal, dan terigu. Muatan ini harus dipisahkan dari muatan lain dan perlu dibersihkan setelah bongkar muat.

4) Muatan bersih (*Clean Cargo*)

Muatan yang tidak merusak muatan lain dan tidak meninggalkan residu, misalnya sandang, benang tenun, peralatan rumah tangga seperti piring, mangkok, gelas, serta barang kelontong.

5) Muatan berbau (*Odorous Cargo*)

Muatan yang dapat menimbulkan bau dan merusak muatan lain, seperti teh, kopi, tembakau, kerosin, terpentin, amonia, wol berminyak, karet mentah, kayu, dan ikan asin.

6) Muatan bagus/enak/peka (*Delicate Cargo*)

Muatan yang umumnya terdiri dari bahan pangan dan mudah rusak jika terkena bau, muatan basah, atau debu, seperti beras, tepung, teh, susu bubuk dalam plastik, tembakau, dan kopi.

7) Muatan berbahaya (*dangerous cargo*)

Muatan yang berpotensi menyebabkan ledakan, korosi, keracunan, atau kebakaran. Pemuatan harus sesuai dengan petunjuk IMDG-Code Vol 1, 2, dan Supplement. Contohnya dinamit, mesiu, amunisi, bubuk hitam, kembang api, bensin, karbon disulfida, korek api, bahan kimia.

8) Muatan berharga (*valueables cargo*)

Muatan berukuran kecil namun bernilai tinggi, seperti elektronik, permata, jam tangan, gadget, handphone, dan laptop.

9) Muatan hewan (*life stock*).

Muatan berupa hewan hidup selain manusia, seperti sapi, kuda, dan babi.

c. Berdasarkan perhitungan biaya angkut.

1) Muatan berat (*heavy cargo*)

Muatan dengan faktor muat (stowage factor) kurang dari 1,114 m³/ton, seperti semen, besi, timah, pelat baja, marmer.

2) Muatan ringan (*light cargo*)

Muatan Muatan dengan faktor muat lebih dari 1,114 m³/ton, contohnya beras, plywood, teh, tepung tapioka, tekstil.

3) Muatan standar (*measurement cargo*)

Muatan dengan faktor muat sama dengan 1,114 m³/ton, misalnya papan dan bahan kosmetik.

Menurut Arwinas (2001:9) Muatan kapal laut dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa aspek, yaitu jenis pengapalan, jenis kemasan, dan sifat muatan.

a. Pengelompokan muatan berdasarkan jenis pengapalan:

1) Muatan sejenis (*Homogenous Cargo*)

Merupakan muatan yang dimuat secara bersama-sama dalam satu kompartemen atau palka tanpa dicampur dengan muatan lain dan tanpa pemisah (penyekat). Muatan ini dapat berupa muatan curah maupun yang menggunakan kemasan tertentu.

2) Muatan campuran (*Heterogenous Cargo*)

Terdiri dari berbagai jenis muatan yang umumnya dikemas dalam bentuk satuan seperti *bag*, *pallet*, atau *drum*. Muatan jenis ini juga dikenal sebagai muatan general cargo.

b. Pengelompokan muatan berdasarkan jenis kemasan:

1) Muatan *unitized*

Merupakan muatan yang terdiri dari beberapa jenis barang yang dikemas secara unit dengan menggunakan *pallet*, *bag*, karton, karung, atau pembungkus lain, sehingga muatan tersebut dapat disusun dan diikat dengan rapat.

4. Muatan Berbahaya

Menurut Fakhurrozi (2017:165-167) Muatan berbahaya (*dangerous cargo*) merupakan jenis muatan yang memiliki potensi tinggi untuk terbakar, meledak, atau menimbulkan risiko terhadap kesehatan manusia, keselamatan jiwa, dan kelestarian lingkungan. Oleh karena itu, muatan ini memerlukan penanganan khusus dari berbagai pihak yang terlibat dalam kegiatan kepelabuhanan dan pengangkutan, seperti pemilik barang, petugas bongkar muat (*stevedore*), perusahaan pelayaran, agen kapal, serta instansi pemerintah yang berwenang.

Pengangkutan muatan berbahaya wajib mengikuti pedoman dan ketentuan yang telah ditetapkan dalam *International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code* edisi tahun 2014.

Jenis dari muatan berbahaya terdiri atas.

- a. Bahan dalam bentuk cair (*liquid*)
- b. Bahan dalam bentuk padat (*solid*)

c. Bahan dalam bentuk gas (*gaseous*)

Dalam menangani muatan berbahaya, terdapat beberapa aspek penting yang harus diperhatikan guna menjamin keselamatan dan kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku, antara lain:

- a. Pengenalan terhadap sifat bahaya muatan melalui klasifikasi yang telah ditetapkan (*classification of goods*).
- b. Pengemasan (*packing*) dilakukan sesuai dengan ketentuan keselamatan yang berlaku secara internasional.
- c. Tanda-tanda (*marking*) dan label harus tertera jelas sesuai peraturan dengan standar yang ditetapkan.
- d. Dokumen khusus yang wajib disertakan untuk setiap jenis muatan berbahaya yang diangkut.
- e. Persyaratan penyimpanan dan penataan muatan (*storage and stowage requirements*) yang sesuai dengan klasifikasi dan karakteristik muatan.
- f. Perlakukan dengan tingkat kehati-hatian tinggi saat proses pemuatan maupun pembongkaran. Petugas bongkar muat (*stevedore*) dianjurkan untuk berkoordinasi dengan pihak kapal guna mengikuti prosedur pemadatan dan penempatan muatan secara aman dan sesuai petunjuk.
- g. Pelatihan

Keselamatan pengangkutan sangat tergantung dari kelayakan pengepakannya serta ketepatan pengidentifikasian terhadap jenis muatan berbahaya tersebut. Rekomendasi mengenai penanganan dan pengaturan serta prosedur pengangkutannya telah begitu berkembang dengan terbitnya peraturan-peraturan baik nasional maupun internasional.

Setiap individu yang terlibat dalam proses penanganan dan pengaturan pengangkutan muatan berbahaya memiliki tanggung jawab untuk memahami dan mematuhi seluruh ketentuan yang berlaku. Peraturan-peraturan terkait muatan berbahaya telah disusun secara

sistematis berdasarkan kategorinya dan dapat ditemukan dalam publikasi "*Dangerous Cargoes Handbook*", yang secara umum dikenal dengan sebutan "*Blue Book*". Buku ini memuat pedoman internasional terkait pengangkutan berbagai jenis muatan berbahaya, termasuk karakteristik penting dari setiap jenis muatan, tindakan pengamanan yang diperlukan, jenis kemasan yang digunakan, serta kode dan penandaan yang wajib dicantumkan sesuai klasifikasi masing-masing muatan.

Selain itu, pengangkutan muatan berbahaya juga diatur dalam regulasi "*The Merchant Shipping (Dangerous Goods) Code*", yang mewajibkan perusahaan pelayaran untuk menyampaikan informasi tertulis kepada nahkoda kapal. Informasi tersebut harus mencakup nama muatan berbahaya, klasifikasi atau kategorinya, potensi bahaya yang mungkin ditimbulkan, serta nama umum dan nama kimia dari muatan tersebut. Seluruh penamaan harus sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam *International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code volume 1, volume 2*, serta bagian *supplement* yang diterbitkan oleh *International Maritime Organization (IMO)*.

Jika akan memuat amunisi, maka harus dimuat didalam *magazine* yang dibangun didalam palka dan tempat ini harus jauh dari ruang ABK. Bangunan ini dibuat dari kayu, dan tidak boleh dari besi atau sejenisnya. Pada saat memuat peti-peti amunisi dengan menggunakan sling, haruslah sangat berhati-hati jangan sampai membentur ambang palka. Para pekerja tidak dibenarkan menggunakan sepatu yang pakunya sudah keluar, dan dilarang keras merokok. Bila terjadi kebakaran, maka tindakan yang cepat harus diambil dengan menggenangi palka dengan air. Konvensi internasional tentang Keselamatan Jiwa di Laut 1974 (SOLAS 1974) Bab VII mengatur pengangkutan barang berbahaya melalui laut.

Menurut Ken R. (2002:33) Sebagian besar negara memiliki undang-undang untuk pengangkutan barang berbahaya yang aman. Barang

berbahaya didefinisikan sebagai barang yang digolongkan dalam undang-undang, peraturan, atau peraturan daerah, atau memiliki karakteristik, sifat, atau bahaya yang serupa. Undang-undang mencakup klasifikasi, pengemasan, penyimpanan (termasuk jarak dan posisi yang diizinkan) barang berbahaya selama pengangkutan dan penyimpanan.

Penanganan dan pengangkutan barang berbahaya harus dilakukan dengan sepenuhnya mematuhi hukum negara tempat barang berbahaya dikirim, hukum negara yang menggunakan kendaraan atau kapal yang mengangkutnya, hukum negara tempat barang akan diangkut, dan tentu saja hukum negara tujuan.

Menurut Taylor L.G. (2008:172) Pertumbuhan industri kimia dan petrokimia serta meningkatnya industrialisasi di banyak negara, yang menyebabkan peningkatan permintaan akan bahan-bahan kompleks untuk pemrosesan, telah mengakibatkan pertumbuhan besar dalam pengangkutan bahan berbahaya melalui laut, baik dalam bentuk padat, cair, maupun gas. Sangat penting bagi semua pihak yang terlibat dalam pengangkutan bahan-bahan ini untuk sepenuhnya memahami sejauh mana kegiatan tersebut diatur oleh ketentuan resmi. Dalam menguraikan peraturan dan memberikan penjelasan umum, perlu ditekankan bahwa dalam setiap kasus pengangkutan barang berbahaya, peraturan yang berlaku harus selalu dijadikan acuan untuk mendapatkan informasi yang benar. Tidak satu pun dari pengirim, penangan, maupun petugas kapal boleh hanya mengandalkan ingatan atau menganggap telah mengetahui isi muatan secara pasti.

Menurut Widodo B.L.H. dkk (2023) Muatan berbahaya merupakan kategori muatan yang memerlukan pengawasan khusus dalam setiap tahap pengelolaannya, mulai dari proses pengemasan, pemuatan ke atas kapal, hingga penanganan selama pengangkutan. Oleh karena itu, dalam kegiatan pengangkutan muatan berbahaya, terdapat dua aspek krusial yang harus diperhatikan guna mencegah potensi risiko yang

dapat terjadi. Pertama, setiap muatan berbahaya harus ditangani dengan tingkat kehati-hatian yang tinggi. Kedua, penting bagi seluruh pihak terkait untuk memahami karakteristik serta potensi bahaya yang mungkin timbul akibat kesalahan dalam proses penanganan muatan tersebut..

Menurut Lasse D.A. (2012:174) *IMDG Code* terdiri dari 5 volume, yaitu:

- a. Volume I, penjelasan umum, antara lain tentang tuntunan mengenali tanda-tanda dan prosedur, label dan simbol, dokumen dan kemasan, dan indeks nama tiap jenis zat/barang berbahaya.
- b. Volume II, penjelasan rinci tentang zat/bahan/barang mudah meledak (*class 1*), gas (*class 2*), cairan mudah menyala (*class 3*).
- c. Volume III, penjelasan rinci tentang zat/bahan/barang padat mudah menyala atau jika terkena air menghasilkan gas yang mudah terbakar (*class 4*), menghasilkan oksigen jika tercampur zat lain & peka terhadap panas (*class 5*).
- d. Volume IV, penjelasan rinci tentang zat/bahan/barang beracun (*class 6*), radioaktif (*class 7*), korosif (*class 8*), dan rupa-rupa bahan (*class 9*).
- e. Volume V, suplemen untuk *IMDG Code*, antara lain prosedur darurat, P3K, petunjuk kemasan barang berbahaya di dalam peti kemas.

5. *Liquefied Natural Gas (LNG)*

Menurut Ken R. (1996:119) Gas alam cair (LNG) adalah cairan bening berwarna putih seperti air yang suhunya berada pada atau sedikit di bawah titik didihnya, yaitu sekitar -163°C . Komponen utamanya adalah *Methane (CH₄)*. Gas alam ditemukan baik bersama-sama dengan endapan minyak mentah atau, untuk endapan yang dieksploitasi secara komersial, dalam reservoir yang hanya berisi gas dan mungkin cairan gas. Pengangkutan LNG melalui laut memerlukan kapal yang dibangun khusus dengan system penahanan yang mampu

menahan suhu isolasi yang efisien yang mencegah kebocoran panas ke dalam kargo. Sementara pemeliharaan LNG dalam bentuk cair dengan tekanan secara teknis memungkinkan, namun dianggap tidak layak secara komersial; karena komitmen finansial yang tinggi diperlukan untuk membangun kapal dan pabrik di darat yang mampu menahan tekanan tinggi yang terlibat.

Menurut Taylor L.G. (2008:313-314) LNG diperoleh dari gas mineral, yang terdapat dalam ladang minyak mentah, melalui sistem pencairan. Umumnya, LNG adalah campuran hidrokarbon, dengan komponen utama berupa Metana, sebanyak 75%-95% berdasarkan volume. Terdapat juga konsentrasi lebih kecil dari Etana, Propana, dan Butana, bersama dengan sejumlah kecil nitrogen.

Komponen Metana adalah yang paling penting untuk diperhatikan.

Metana memiliki titik didih atmosferik sebesar -161.5°C . fakta inilah yang terutama menentukan perhatian dan penanganan dalam pengangkutan LNG. Metana juga memiliki berat jenis yang sangat rendah -0.424 . rasio volume gas terhadap volume cairannya adalah 632, yang berarti satu meter kubik metana cair berubah menjadi 632 meter kubik gas, tergantung pada kondisi suhu dan tekanan. Fitur ini menentukan keuntungan dalam pengangkutan, karena dengan mendinginkan gas hingga suhu setidaknya -162°C , ia menjadi cairan transparan tidak berwarna, dengan volume yang dikurangi menjadi 0.16% dari volume aslinya.

Metana juga memiliki nilai kalor yang tinggi; bebas polusi dan juga memiliki suhu penyalaan otomatis yang tinggi yaitu 650°C , yang merupakan suhu tertinggi di antara hidrokarbon. Secara praktis, hal ini berarti metana memiliki kemungkinan penyalaan yang lebih rendah dibandingkan hidrokarbon lainnya.

Metana juga lebih ringan daripada udara, meskipun dipengaruhi oleh suhu, sehingga gas yang dilepaskan ke atmosfer akan naik dan menghilang.

Menurut SIGTTO (2013:5-6) Gas alam cair diangkut pada suhu sekitar -162°C dan sebagian besar kapal pengangkut dilengkapi dengan tangki kargo tipe bola atau tangki membran. Tangki-tangki tersebut diisolasi dengan baik untuk meminimalkan gas yang menguap. Sebagian besar kapal pengangkut LNG membakar gas yang menguap sebagai bahan bakar untuk menggerakkan kapal, meskipun beberapa memiliki pabrik pencairan ulang di atas kapal. Sebagian besar kapal memiliki kapasitas antara 125.000 dan 175.000 meter kubik dan panjangnya mencapai 300 meter.

Menurut *Cargo Operating Manual MV. Tangguh Palung* (2009:2-3) komposisi LNG berubah akibat pendidihan ini karena komponen yang lebih ringan, yang memiliki titik didih lebih rendah pada tekanan atmosfer, menguap terlebih dahulu. Oleh karena itu, LNG yang dibuang memiliki presentase kandungan nitrogen dan metana yang lebih rendah daripada LNG yang dimuat, dan presentase etana, propane, dan butana yang sedikit lebih tinggi, karena metana dan nitrogen lebih mudah mendidih daripada gas yang lebih berat. Kisaran mudah terbakar metana di udara (21% oksigen) adalah 5,3 hingga 14% (berdasarkan volume). Untuk mengurangi kisaran ini, udara digantikan oleh gas inert hingga kandungan oksigen berkurang hingga 2% sebelum gas dikeluarkan setelah *dry dock*. Secara teori, ledakan tidak dapat terjadi jika kandungan oksigen campuran di bawah 13% terlepas dari presentase metana, tetapi untuk alasan keselamatan praktis, pembersihan dilanjutkan hingga kandungan O_2 di bawah 2%.

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan, peneliti menyimpulkan bahwa komposisi campuran Liquefied Natural Gas (LNG) dapat bervariasi, tergantung pada asal sumber gas alam serta metode yang digunakan dalam proses pencairannya. Namun demikian, komponen utama dari LNG yaitu *Methane* (CH_4) akan selalu menjadi unsur dominan dalam setiap campurannya. Selain itu, LNG umumnya juga mengandung sejumlah hidrokarbon yang lebih berat seperti *Ethane*

(C_2H_6), *Propane* (C_3H_8), *Butane* (C_4H_{10}), serta *Nitrogen* (N_2) dalam jumlah yang relatif kecil.

6. *Cool Down*

Menurut *Cargo Operating Manual MV. Tangguh Palung* (2009:6-18) Tiba di terminal pemuatan untuk memuat kargo pertama setelah perbaikan, atau saat perbaikan mengharuskan kapal bebas gas, tanki kargo akan dalam keadaan *inert* dan pada suhu sekitar. Setelah sistem kargo dikeringkan dan diberi gas, *header* dan tanki harus didinginkan sebelum pemuatan dapat dimulai. Operasi pendinginan dilakukan segera setelah pengisian gas selesai, menggunakan LNG yang dipasok dari terminal. Laju pendinginan dibatasi karena alasan berikut.

- a. Untuk menghindari tekanan menara pompa yang berlebihan.
- b. Pembangkitan uap harus tetap berada dalam kemampuan kompresor HD untuk mempertahankan tangki kargo pada tekanan 5kPa (sekitar 106kPaA).
- c. Mempertahankan kapasitas sistem dari gas nitrogen untuk mempertahankan *IBS* dan *IS* pada tekanan yang dipakai.
- d. Tidak seperti desain tanki kargo yang kaku, gradien termal vertikal di dinding tanki tidak menjadi batasan yang signifikan pada laju pendinginan.

LNG dipasok dari terminal ke *manifold*, jalur pendinginan, dan dari sana langsung ke *header* semprotan yang terbuka ke tanki kargo. Setelah pendinginan tangki kargo hampir selesai, saluran lintas *manifold* cair, *header* cair, dan jalur pemuatan didinginkan. Pendinginan tangki kargo dianggap selesai ketika suhu rata-rata dari lima (5) sensor di setiap tangki menunjukkan suhu $-130^{\circ}C$ atau lebih rendah.

Setelah suhu yang dipersyaratkan berhasil dicapai dan *Cargo Tank Sensor (CTS)* mendeteksi keberadaan cairan di dalam tangki, maka proses pemuatan massal dapat segera dilaksanakan. Selama tahap pendinginan tangki berlangsung, uap yang dihasilkan dialirkan kembali

ke terminal melalui kompresor *High Duty* (HD) atau secara aliran bebas (*free flow*) melalui manifold uap, mengikuti prosedur standar pemuatan. Pada fase ini, laju aliran nitrogen ke dalam ruang antar-penghalang (*interbarrier space*) dan ruang isolasi akan mengalami peningkatan yang cukup signifikan guna menjaga kestabilan dan keselamatan sistem tangki.

Sangat penting bahwa laju pendinginan dikontrol sehingga tetap berada dalam batas sistem nitrogen untuk menjaga ruang antar penghalang dan ruang isolasi pada tekanan minimum setidaknya 0.3kPa di atas tekanan atmosfer. Setelah pendinginan selesai dan penumpukan untuk pemuatan massal telah dimulai, *membrane* tangki akan berada pada, atau mendekati, suhu muatan cair dan akan memakan waktu beberapa jam untuk mencapai gradien suhu yang sepenuhnya dingin melalui isolasi.

Akibatnya, penguapan dari kargo akan lebih tinggi dari biasanya. Mendinginkan tangki kargo dari +40°C ke -130°C selama periode 10 jam. Laju pendinginan di tangki kargo dan ruang isolasi bergantung pada jumlah penyemprotan LNG.

Menurut *LNG Shipping Knowledge Volume 4* (2005:65) *Cool Down* merupakan suatu proses penyesuaian suhu pada sistem penampungan muatan (*cargo containment system*) hingga mencapai kondisi temperatur yang meminimalkan terjadinya *boil-off* atau penguapan berlebih selama proses pemuatan. Selain itu, proses ini juga bertujuan untuk mencegah terjadinya kejutan termal (*thermal shock*) pada struktur utama sistem penampungan.

Proses pendinginan dilakukan dengan mengalirkan LNG melalui kepala semprotan (*spray header*) dan kisi-kisi pendingin di bagian atas setiap tangki. LNG cair akan menguap saat disemprotkan, dan uap LNG dingin akan masuk ke dalam tangki.

Menurut *Tangguh Palung Cargo Operating Manual* (2009:6-22-6-23) semua katup ditutup sebelum digunakan dan sisa muatan untuk

pendinginan telah disimpan di tanki kargo nomor 4. Semua tanki lainnya telah dibiarkan memanaskan karena lamanya perjalanan. Semakin dingin suhu tanki sebelum memuat, semakin sedikit penguapan yang terjadi selama *initial part* dari perjalanan.

Tujuan	Pendinginan Tanki and IBS sebelum memuat
Kriteria Kinerja	Suhu rata-rata pada tanki muatan: -130°C (tidak termasuk sensor atas)
Alat Bantu yang terlibat	a. <i>Spray pump</i> b. <i>Low Duty Compressors</i> c. <i>Heater for gas firing</i> d. <i>Mist separator</i> e. <i>Fuel gas pump</i> f. <i>Forcing vaporiser</i>
Poin Pengecekan	a. Kondisi operasi daripada <i>spray pump</i> dan <i>LD compressor/WU/BO heater</i> termasuk monitoring dari fungsi keamanan instrument (alarm dan lain-lain). b. Tekanan dari <i>vapour header</i>. c. <i>Spray pump</i> discharge pressure/current d. Temperatur dari <i>Cofferdams</i> e. Temperature dan tekanan dari <i>insulation spaces</i>.

Tabel 2.1. Prosedur Operasi untuk pendinginan tanki muatan

Sumber: *Tangguh Palung's Cargo Operating Manual*: 2009

Pendinginan tanki-tanki muatan sebelum tiba dengan menggunakan sistem *Automatic Gas Control*

- a. Menyiapkan catatan untuk tanki, *secondary barrier* dan *hull temperature*.
- b. Periksa apakah sistem tekanan nitrogen untuk ruang insulasi beroperasi secara otomatis dan siap memasok nitrogen tambahan yang diperlukan untuk mengimbangi kontraksi akibat pendinginan tanki. Sebelum pendinginan, tekanan nitrogen di dalam IBS akan dinaikkan menjadi 0.7 kPa dan IS akan dipertahankan pada IBS 0.2 kPa. Beri tekanan pada tanki penyangga hingga tekanan maksimum.
- c. Periksa sistem gas deteksi dalam keadaan operasi yang normal.
- d. Tempatkan sistem pemanas bagi *cofferdam* jika belum beroperasi
- e. Sistem kontrol pembakaran gas otomatis akan mempertahankan tekanan tanki pada 6kPa selama pendinginan tanki kargo.
- f. Pompa semprot di tanki nomor 4 memasok *forcing vaporiser* seperti yang dibutuhkan oleh generator.
- g. Pompa gas bahan bahan di tanki nomor 4 memasok media pendingin untuk tanki kargo nomor 1, 2 dan 3.

Suatu penghalang isolasi dan ruang isolasi mendingin, titik setel dapat diturunkan ke pengaturan operasi normal.

- h. Membuka *vapour dome outlet* ke *vapour header*.

Adapun susunan dalam mengatur kontrol gas otomatis,yakni:

- a. Mengatur katup pada *spray line header* dan *forcing faporiser*.
 - 1) Buka katup *no. 4 tank fuel gas master*
 - 2) Buka katup *no. 4 fuel gas pump discharge*.
 - 3) Buka katup *no. 4 tank fuel gas return..*
 - 4) Buka katup *no. 4 spray return*.
 - 5) Buka katup *forcing vaporiser inlet/outlet*.
 - 6) Posisi otomatis katup *forcing vaporiser control*.
 - 7) Posisi otomatis katup *forcing vaporiser temperature control*
- b. Mengatur katup pada pemisah kabut NBO dan FBO.
 - 1) Posisi otomatis katup *NBO mist separator drain*
 - 2) Posisi otomais katup *FBO mist separator drain*.

- 3) Buka katup *fuel gas ESDS* ke *main generator engine* dari *forcing vaporiser*.
- c. Mengatur katup pada pendingin semprot untuk kompresor LD dan pemisah kabut NBO.
 - 1) Buka *fuel line block valve to compressor room*
 - 2) Posisi otomatis *NBO mist separator spray cooler control valve*.
 - 3) Posisi otomatis *LD compressor srpray cooler control valve..*
 - 4) Membuka kunci dari *spray coolers needle valves*.
- d. Mengatur katup pada kompresor LD no. 2
 - 1) Buka katup *no. 2 LD compressor inlet*.
 - 2) Buka katup *no. 2 compressor outlet*.
- e. Mengatur katup pada pemanas no. 2 dan *gas burning line*.
 - 1) Buka katup *no. 2 heater inlet/outlet*.
 - 2) Posisi otomatis katup *no.2 heater inlet outlet*.
 - 3) Posisi otomatis katup *no. 2 heater temperature control*.
 - 4) Posisi otomatis *fuel gas ESDS valve to main generator engine*.

Pengaturan pada saat *cooling down*.

- a. Mengatur katup pada *spray line header* ke *cooling down no. 1, no. 2* dan *no. 3* dari tanki kargo.
 - 1) Buka katup *spray line block*.
 - 2) Buka katup *No. 1 tank spray master*.
 - 3) Buka katup *No. 2 tank spray master*.
 - 4) Buka katup *No. 3 tank spray master*.
 - 5) Buka katup *No. 4 tank spray master*.
 - 6) Posisi auto katup *No. 4 tank spray return*
- b. Start *No. 4 spray pump* setelah katup *spray discharge* dibuka 20% untuk memungkinkan aliran minimum.
- c. Buka secara perlahan katup *spray rail inlet control* pada tanki kargo No. 1, 2, dan 3 dan dengan perlahan buka *discharge valve* ke *No. 4 spray pump* untuk menjaga tekanan utama semprot pada 0.45 Mpa.
 - 1) Buka katup No. 1 tank starboard spray rail

- 2) Buka katup No. 2 tank starboard spray rail
- 3) Buka katup No. 3 tank starboard spray rail
- 4) Buka katup No. 4 tank starboard spray rail

Perhatian khusus harus diberikan dalam mengendalikan tekanan uap yang dihasilkan selama proses pemuatan atau pendinginan. Pengendalian ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan uap sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik di atas kapal, atau melalui proses pembakaran di *Gas Combustion Unit* (GCU). Sementara itu, pembuangan uap ke atmosfer melalui riser di bagian haluan kapal hanya dilakukan sebagai langkah darurat dalam situasi yang mengancam keselamatan.

- d. Setelah semua *spray header* dingin, tingkatkan aliran ke tanki dengan menyesuaikan katup pembuangan pompa semprotan untuk mempertahankan pendinginan yang merata dan kontrol tekanan uap sambil menjaga tekanan 0.8 Mpa di saluran utama semprotan.
- e. Menggunakan IAS, pantau tekanan di dalam tanki dan laju pendinginan suhu. Sesuaikan katup saluran masuk rel semprot tanki No. 1, 2, dan 3 untuk memperoleh penurunan suhu rata-rata 20-25°C per jam selama 4 jam pertama. Setelah itu 10-12°C per jam.
- f. Bila semua tanki telah mencapai suhu yang dibutuhkan (-100°C di bagian atas, -130°C di bagian bawah), lanjutkan penyemprotan tanki hingga suhu yang dibutuhkan tercapai atau hentikan pompa semprot.
- g. Setelah pendinginan selesai, hentikan pompa semprot No. 4 dan tutup katup pembuangan No. 4, jalankan katup berikutnya untuk memungkinkan saluran semprot terkuras kembali ke tanki No. 4.

7. Kapal

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran, yang dimaksud dengan kapal adalah sarana transportasi air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang dapat digerakkan

oleh tenaga angin, tenaga mekanik, sumber energi lainnya, serta dapat pula ditarik atau ditunda. Definisi ini juga mencakup kendaraan dengan daya dukung dinamis, kendaraan bawah air, serta alat apung atau bangunan terapung lainnya yang bersifat tetap atau tidak berpindah tempat.

Menurut pendapat Supriyono dan Subandrijo (2016), istilah kapal mencakup semua jenis kendaraan air, termasuk di dalamnya pesawat tanpa berat benaman (*non-displacement craft*), *WIG (Wing-In-Ground effect) craft*, serta pesawat terbang laut yang digunakan, atau memiliki potensi untuk digunakan, sebagai sarana transportasi di atas permukaan air.

Menurut Triatmodjo B. (2010:32-33) Kapal tanker merupakan jenis kapal yang dirancang khusus untuk mengangkut muatan dalam bentuk cair, seperti minyak mentah atau produk turunannya, dan umumnya memiliki ukuran yang sangat besar. Kapasitas muatan kapal jenis ini bervariasi, mulai dari beberapa ribu hingga ratusan ribu ton. Beberapa kapal tanker bahkan memiliki kapasitas hingga 555.000 DWT, dengan panjang mencapai 414 meter, lebar 63 meter, dan sarat 28,5 meter. Karena muatan cair yang berada di dalam tangki kapal dapat bergerak secara horizontal baik secara memanjang maupun melintang, hal ini dapat membahayakan stabilitas kapal. Untuk mengatasi hal tersebut, ruang muatan dibagi ke dalam beberapa kompartemen berupa tangki-tangki terpisah. Sistem pembagian ini bertujuan untuk menahan tekanan cairan agar tidak menyebabkan ketidakseimbangan kapal. Namun demikian, penggunaan sistem kompartemen ini memerlukan lebih banyak instalasi pendukung seperti pompa dan jaringan pipa guna memfasilitasi proses pengisian maupun pengosongan muatan.

Sementara itu, kapal khusus (*special designed ship*) merupakan jenis kapal yang dirancang secara spesifik untuk mengangkut muatan tertentu yang memiliki karakteristik khusus. Contohnya adalah kapal pengangkut daging beku, atau kapal *Liquefied Natural Gas (LNG) Carrier*

yang mengangkut gas alam cair pada temperatur sangat rendah. Proses pemuatan LNG dilakukan melalui sistem perpipaan dan pompa yang dirancang sesuai dengan standar keselamatan dan teknis.

Dari Berdasarkan uraian tersebut, peneliti menyimpulkan bahwa kapal adalah semua jenis kendaraan air yang memiliki bentuk, ukuran, dan jenis muatan yang berbeda, disesuaikan dengan fungsi dan peruntukannya masing-masing. Dalam penelitian ini, fokus utama diarahkan pada kegiatan bongkar muat, khususnya proses *cool down*, yaitu prosedur pendinginan ruang tangki muatan yang dilakukan sebelum proses pemuatan. Proses ini bertujuan untuk menyesuaikan suhu tangki agar kompatibel dengan karakteristik muatan *cryogenic*, sehingga peralatan muat tidak mengalami kerusakan akibat perbedaan suhu yang ekstrem.

B. Penelitian yang Relevan

1. Afiq Rafie Rahimi (2024) dalam penelitiannya yang berjudul "Analisis Pelaksanaan *Initial Tank Cooldown* untuk Persiapan Muat LNG di Kapal Tangguh Batur", bertujuan untuk mengidentifikasi pelaksanaan tahap awal pendinginan tangki (*initial tank cooldown*) sebagai bagian dari persiapan pemuatan LNG. Hasil penelitian mengungkapkan adanya perbedaan signifikan antara prosedur yang seharusnya dilaksanakan dengan praktik di lapangan, khususnya pada pengurangan interval waktu secara sengaja maupun tidak disengaja. Kondisi tersebut berdampak pada proses bongkar muat yang menjadi kurang optimal. Penelitian ini dianggap relevan karena memberikan penjelasan mendalam mengenai pentingnya pelaksanaan cooldown sesuai prosedur, serta kaitannya dengan efisiensi kegiatan bongkar muat di kapal LNG.
2. Muhammad Ways Alkurni (2019) melalui penelitian berjudul "Optimalisasi Kegiatan *Cooldown* di Kapal MV. Tangguh Foja", bertujuan untuk mengevaluasi pelaksanaan prosedur pendinginan awal (*cool down*) di kapal LNG MV. Tangguh Foja berdasarkan ketentuan dan standar

operasional yang berlaku. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterlambatan proses pemuatan di pelabuhan disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kurangnya familiarisasi awak kapal terhadap sistem pendinginan, kerusakan pada katup *spray master*, serta adanya miskomunikasi antara operator di ruang kendali pusat (CCR) dan tim lokal. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memahami faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi proses *cooldown* di kapal LNG.

3. Hendy Kurnia Rahman (2021) dalam penelitiannya yang berjudul "Analisis Kerusakan *After-Cooler* di LNGC Tangguh Jaya pada Voyage 18/TJ/08", berfokus pada identifikasi penyebab kegagalan fungsi pada sistem *after-cooler* serta strategi penanganannya. Diketahui bahwa kerusakan *after-cooler* disebabkan oleh karakteristik LNG yang diangkut, yang kemudian memicu alarm di *Integrated Alarm System* (IAS). Dalam skenario terburuk, kondisi ini dapat menyebabkan *blackout* pada kapal. Solusi yang diusulkan dalam penelitian ini adalah menurunkan tekanan di dalam tangki dengan cara meningkatkan aliran pada sistem *spray tank*. Penelitian ini menjadi relevan karena menunjukkan pentingnya kontrol suhu dan tekanan dalam sistem pendinginan kapal LNG untuk mencegah kerusakan sistem kritis.

Dari penelitian yang relevan tersebut, penelitian ini memiliki persamaan, yakni membahas mengenai proses *cool down* pada kapal bermuatan LNG dan prosedur yang mengatur di dalamnya. Tetapi memiliki perbedaan dari segi faktor penyebab, yakni dari adanya prosedur yang salah hingga kerusakan dari peralatan yang digunakan dari proses *cool down* di kapal LNG.

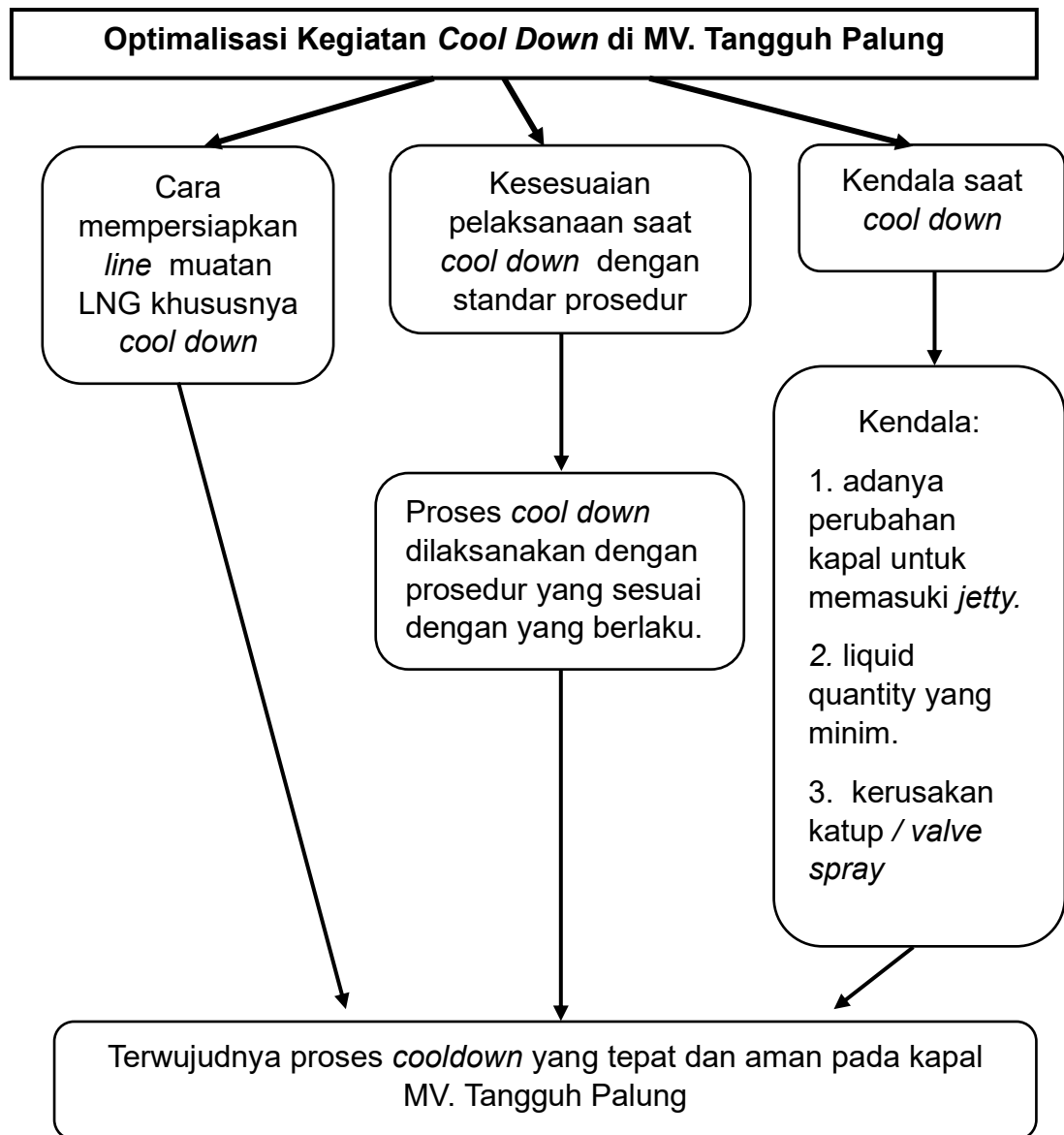
C. Kerangka Pikir

Kerangka pikir merupakan susunan alur pemikiran yang disusun secara sistematis dan kronologis guna menjawab permasalahan penelitian. Penyusunan kerangka ini didasarkan pada pemahaman terhadap teori-teori dan konsep-konsep yang relevan, serta biasanya disajikan dalam bentuk diagram alir yang dilengkapi dengan penjelasan singkat mengenai setiap

tahapannya. Dalam penelitian yang berjudul "Optimalisasi Kegiatan *Cool Down* di MV. Tangguh Palung", kerangka pikir terbagi menjadi tiga komponen utama, yaitu; tahapan persiapan sistem muatan (*line* muatan) untuk pelaksanaan proses *cool down*, yang mencakup langkah-langkah teknis awal sebelum proses pendinginan tangki dilakukan; evaluasi kesesuaian pelaksanaan *cool down* dengan standar prosedur, yang menitikberatkan pada penilaian apakah proses telah dijalankan sesuai dengan ketentuan dalam manual operasi, standar internasional, dan praktik terbaik yang berlaku di industri pelayaran LNG; identifikasi kendala yang dihadapi selama proses *cool down*, seperti faktor teknis, keterbatasan waktu, atau permasalahan operasional lainnya yang dapat memengaruhi efektivitas proses pendinginan tangki sebelum pemuatan muatan LNG.

1. Adanya perubahan kapal untuk memasuki *jetty*.
2. Liquid *quantity* yang minim.
3. Kerusakan katup/*valve spray*.

Hal ini sangat diperlukan untuk terwujudnya proses *cool down* yang tepat dan aman pada kapal MV. Tangguh Palung.



Gambar 2.1. Kerangka Pikir

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif, yang bertujuan untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai situasi atau fenomena yang sedang berlangsung di lapangan. Metode ini dilakukan melalui pengumpulan data dengan cara melakukan observasi langsung terhadap objek penelitian, serta melalui wawancara kepada pihak-pihak yang terlibat secara langsung dalam kegiatan yang diteliti. Dalam konteks penelitian ini, peneliti melakukan pengamatan terhadap proses cooling down yang merupakan bagian penting dari prosedur operasional pada kapal pengangkut LNG. Proses ini bertujuan untuk mencegah terjadinya penguapan berlebih (*boil-off gas*) serta menjaga kestabilan tekanan di dalam tangki saat proses pemuatan LNG berlangsung di pelabuhan. Selain itu, pelaksanaan *cool down* juga dimaksudkan untuk menghindari dampak dari perbedaan suhu ekstrem antara muatan LNG yang bersifat kriogenik dan tangki penampungnya, yang dikenal dengan istilah *thermal shock effect*. Data yang diperoleh melalui observasi ini diharapkan dapat memberikan gambaran secara rinci dan faktual mengenai kondisi aktual di lapangan, serta mendukung pemahaman yang komprehensif terhadap proses operasional yang sedang berlangsung di atas kapal LNG

B. Definisi Operasional Variabel

1. Muatan berbahaya

Muatan berbahaya merupakan jenis muatan yang memiliki potensi untuk terbakar, meledak, atau mengandung zat yang dapat membahayakan kesehatan manusia, keselamatan jiwa, serta menyebabkan kerusakan lingkungan. Oleh karena sifatnya yang berisiko tinggi, pengangkutan muatan ini memerlukan perhatian khusus dari berbagai pihak, termasuk pemilik barang, petugas bongkar muat

(*stevedore*), operator kapal, agen pelayaran, hingga instansi terkait. Untuk menjamin keselamatan dalam pengangkutannya, setiap proses pemuatan, penyimpanan, dan pengangkutan muatan berbahaya wajib mengacu pada ketentuan internasional yang telah ditetapkan dalam *International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code* edisi tahun 2014. Secara umum, muatan berbahaya diklasifikasikan berdasarkan bentuk fisiknya, yang terdiri dari tiga kategori utama; zat cair (*liquid*), zat padat (*solid*), gas (*gaseous substances*). Setiap kategori tersebut memiliki standar pengemasan, pelabelan, dan penanganan tersendiri guna memastikan keselamatan selama proses pengangkutan laut.

2. *Liquefied Natural Gas (LNG)*

Gas alam cair (LNG) adalah cairan bening berwarna putih seperti air yang suhunya berada pada atau sedikit di bawah titik didihnya, yaitu sekitar -163°C . Komponen utamanya adalah *Methane (CH₄)*. Gas alam ditemukan baik bersama-sama dengan endapan minyak mentah atau, untuk endapan yang dieksploitasi secara komersial, dalam reservoir yang hanya berisi gas dan mungkin cairan gas. Pengangkutan LNG melalui laut memerlukan kapal yang dibangun khusus dengan system penahanan yang mampu menahan suhu isolasi yang efisien yang mencegah kebocoran panas ke dalam kargo. Sementara pemeliharaan LNG dalam bentuk cair dengan tekanan secara teknis memungkinkan, namun dianggap tidak layak secara komersial; karena komitmen finansial yang tinggi diperlukan untuk membangun kapal dan pabrik di darat yang mampu menahan tekanan tinggi yang terlibat.

Komposisi LNG dapat mengalami perubahan selama proses pendidihan, karena komponen-komponen yang memiliki titik didih lebih rendah pada tekanan atmosfer seperti metana dan nitrogen akan menguap terlebih dahulu. Akibatnya, LNG yang telah mengalami penguapan tersebut cenderung memiliki kandungan metana dan nitrogen yang lebih rendah dibandingkan dengan LNG awal yang

dimuat, sedangkan kandungan etana, propana, dan butana menjadi relatif lebih tinggi karena sifatnya yang lebih sulit menguap. Dalam konteks keselamatan, penting untuk memperhatikan rentang konsentrasi metana yang mudah terbakar di udara dengan kandungan oksigen sebesar 21%, yaitu antara 5,3% hingga 14% (berdasarkan volume). Untuk mengurangi risiko kebakaran atau ledakan, proses penggantian udara dalam tangki dilakukan dengan gas inert hingga kadar oksigen menurun ke angka 2% sebelum gas dikeluarkan, khususnya setelah kapal selesai menjalani perawatan di *dry dock*. Secara teori, ledakan tidak akan terjadi apabila kadar oksigen dalam campuran berada di bawah 13%, tanpa memandang presentase kandungan metananya. Namun, dalam praktik keselamatan operasional, proses pembersihan tetap dilanjutkan hingga kadar oksigen turun di bawah 2% untuk memastikan kondisi benar-benar aman.

C. Teknik pengumpulan data

Dalam suatu penelitian, data memegang peranan krusial sebagai dasar untuk mendapatkan jawaban yang tepat terhadap permasalahan yang diteliti. Agar hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, maka diperlukan data yang valid dan teknik pengumpulan data yang sesuai. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan beberapa metode pengumpulan data, yaitu:

1. Observasi

Observasi dilakukan dengan cara terjun langsung ke lapangan untuk mengamati objek yang menjadi fokus penelitian. Metode ini memungkinkan peneliti mendapatkan data secara real time dan objektif, tanpa bergantung pada ingatan atau pendapat subyektif pihak lain. Melalui pengamatan langsung selama proses *cool down* di kapal MV. Tangguh Palung, peneliti dapat memahami dan mencatat berbagai kejadian serta perilaku yang relevan terhadap permasalahan yang

diteliti. Keunggulan utama metode ini adalah kemampuannya dalam merekam data yang aktual dan dapat dipercaya.

2. Wawancara

Wawancara merupakan teknik pengumpulan data melalui tanya jawab secara langsung kepada narasumber yang memiliki keterlibatan dalam kegiatan yang sedang diteliti. Dalam hal ini, peneliti melakukan wawancara dengan beberapa perwira kapal, terutama *Chief Officer* dan *First Officer*, yang memiliki tanggung jawab dalam pelaksanaan kegiatan *cool down* sebelum pemuatan LNG. Teknik ini bertujuan untuk menggali informasi mendalam terkait prosedur, kendala, serta upaya yang dilakukan dalam proses tersebut, guna mengidentifikasi penyebab ketidakefisienan kegiatan *cool down*.

3. Dokumentasi

Metode dokumentasi dilakukan dengan cara mengumpulkan bukti visual maupun tertulis yang berkaitan dengan kegiatan *cool down*, seperti foto, video, serta dokumen operasional yang relevan. Dokumen-dokumen ini digunakan untuk memperkuat hasil observasi dan wawancara, serta sebagai bahan validasi terhadap data yang diperoleh dari lapangan. Melalui teknik ini, peneliti memperoleh tambahan informasi yang dapat digunakan dalam proses analisis.

Data yang dikumpulkan, baik berupa hasil observasi, wawancara, maupun dokumentasi, kemudian dianalisis secara deskriptif kualitatif. Langkah awal dalam proses analisis ini adalah reduksi data, yaitu merangkum dan menyaring informasi penting dari keseluruhan data yang telah dikumpulkan, sehingga fokus pada hal-hal yang relevan dengan pokok permasalahan.

Setelah itu, data yang telah direduksi disusun dan disajikan dalam bentuk narasi sistematis agar memudahkan proses penarikan kesimpulan. Penyajian data dilakukan dengan menyusun informasi secara runtut dan logis, sehingga mempermudah pembaca dalam memahami hubungan antara fenomena yang diamati dan temuan yang diperoleh.

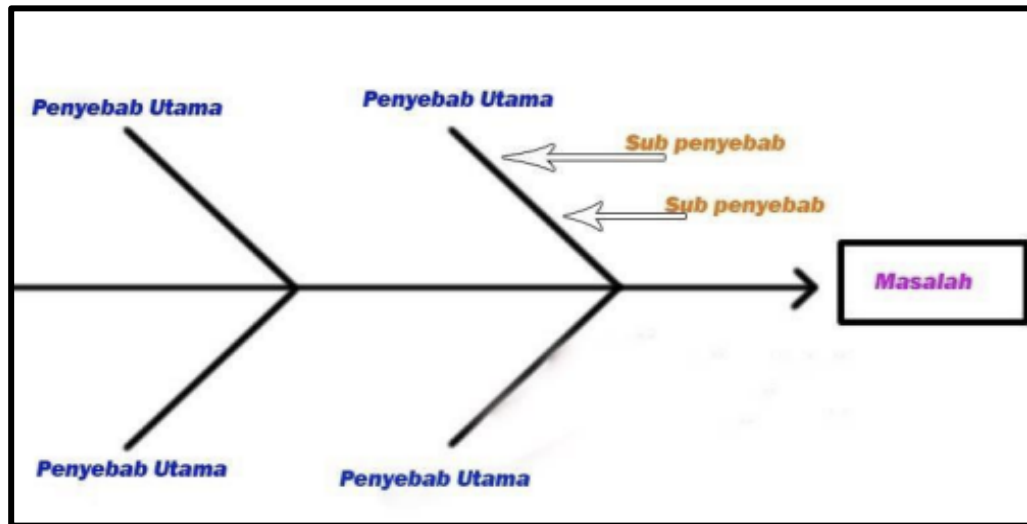
Penelitian lapangan ini dilakukan selama masa praktik laut peneliti di kapal *LNG Carrier (LNG/C) MV. Tangguh Palung*, dimulai dari tanggal 31 Agustus 2023 hingga 20 Oktober 2024. Dalam kurun waktu tersebut, peneliti berkesempatan untuk terlibat langsung dalam operasional kapal, termasuk mengamati secara langsung pelaksanaan kegiatan *cool down* yang menjadi fokus utama penelitian.

D. Teknik Analisis Data

Melihat karakteristik data yang diperoleh dalam penelitian ini, peneliti memutuskan untuk menggunakan teknik analisis non-statistik. Artinya, pengolahan data dilakukan tanpa menerapkan metode-metode statistik kuantitatif, melainkan melalui pendekatan analisis kualitatif. Teknik yang digunakan adalah analisis deskriptif kualitatif, yaitu metode yang bertujuan untuk menggambarkan dan menjelaskan fenomena berdasarkan hasil observasi secara mendalam dan sistematis.

Analisis ini menggunakan pendekatan induktif, di mana peneliti memulai dari data-data yang telah dihimpun di lapangan, kemudian menyusunnya hingga memperoleh kesimpulan yang bersifat umum. Proses ini dilakukan melalui tahapan reduksi data, penyajian data, serta penarikan kesimpulan yang disesuaikan dengan tujuan dan fokus penelitian. Dengan demikian, hasil penelitian tidak hanya menggambarkan fakta yang terjadi, tetapi juga memberikan interpretasi yang mendalam terhadap konteks dan makna di balik fenomena yang diteliti.

Dalam penulisan penelitian ini, peneliti menggunakan metode analisis data dinamis dan *problem solving*.



Gambar 3.1. *fishbone analysis*

Sumber: Institut Bisnis dan Informatika Kwik Kian Gie: 2025

Diagram *Fishbone* merupakan salah satu metode analisis yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas melalui identifikasi hubungan antara suatu masalah (akibat) dengan berbagai faktor penyebab yang memengaruhinya. Metode ini dinamakan *Fishbone* karena bentuk visualnya menyerupai tulang ikan, di mana bagian "kepala" mewakili masalah utama, dan "tulang-tulang" yang menyebar ke samping menunjukkan kategori-kategori penyebabnya. Diagram ini juga dikenal dengan istilah diagram sebab-akibat (*cause and effect diagram*) dan umumnya digunakan untuk mengolah dan menganalisis data kualitatif atau non-numerik. Penggunaan metode ini sangat efektif dalam mengidentifikasi akar permasalahan secara sistematis, terutama ketika data yang tersedia bersifat deskriptif. Oleh karena itu, pendekatan ini dianggap relevan dan sesuai untuk digunakan dalam menganalisis fokus permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini. Metode pemecahan masalah atau *problem solving* adalah kemampuan menentukan dan menyelesaikan masalah. Ini merupakan softskill yang penting untuk dimiliki. Adapun Langkah Langkah dalam *problem solving* sebagai berikut.

1. Identifikasi masalah

Langkah pertama adalah mengenali dan menyadari bahwa ada masalah yang perlu diselesaikan. Di tahap ini, penting untuk mengamati situasi atau kondisi yang tidak berjalan sebagaimana mestinya, menggali pertanyaan serta mendefinisikan masalah secara jelas dan spesifik, agar fokus solusi tidak melebar. Contoh: penurunan penjualan dalam tiga bulan terakhir tanpa alasan yang jelas.

2. Analisa masalah

Setelah masalah diidentifikasi, langkah berikutnya adalah mengumpulkan informasi dan data untuk memahami masalah secara lebih mendalam. Mencari tahu apa saja dampaknya, sejauh mana pengaruhnya terhadap sistem atau organisasi, melihat dari berbagai sudut pandang, menggunakan metode seperti diagram *fishbone*, 5W1H. Contoh: mengumpulkan data penjualan, *feedback* pelanggan, dan aktifitas pemasaran.

3. Menentukan penyebab masalah

Dalam tahap ini, fokus pada akar permasalahan (*root cause*) dari masalah, bukan hanya gejalanya. Mengidentifikasi apakah penyebabnya bersifat internal atau eksternal.

4. Susunan alternatif Solusi

Setelah mengetahui akar penyebab, memulai untuk mencari dan merancang berbagai kemungkinan solusi, seperti menggunakan metode *brainstorming* untuk menghasilkan ide sebanyak mungkin, tidak langsung menilai ide, mengutamakan kuantitas terlebih dahulu serta melibatkan tim atau pihak terkait untuk menambah perspektif. Contoh: pelatihan *digital marketing*, kerja sama dengan *influencer*, atau kampanye iklan baru.

5. Pemilihan Solusi terbaik

Dari alternatif yang ada, melakukan seleksi untuk menentukan solusi yang paling efektif dan efisien. Mempertimbangkan biaya, waktu, sumber daya, risiko dan dampak jangka panjang serta menggunakan

matriks pengambilan keputusan jika diperlukan. Contoh: memilih pelatihan internal sebagai solusi terbaik karena lebih hemat biaya dan dapat segera dilaksanakan.

6. Implementasi Solusi

Saat solusi telah dipilih, langkah selanjutnya adalah menerapkannya secara nyata. Membuat rencana kerja yang jelas, mengomunikasikan kepada tim atau pihak terkait serta pemantauan proses implementasi agar sesuai dengan rencana. Contoh: menyusun jadwal pelatihan, menentukan *trainer*, dan mengukur kehadiran serta partisipasi.

7. Evaluasi Solusi

Langkah terakhir adalah menilai apakah solusi yang diambil efektif menyelesaikan masalah. Membandingkan hasil setelah mengimplementasikan dengan kondisi sebelum, menggunakan data dan *feedback* untuk menilai keberhasilan serta mengevaluasi kembali penyebab atau mencari solusi alternatif lain. Contoh: setelah pelatihan, cek apakah ada peningkatan dalam konversi penjualan atau kepuasan pelanggan.