

**ANALISIS PENYEBAB TERJADINYA KEBOCORAN TANGKI  
MUATAN PADA KAPAL MT SUMBER REJEKI 68**



**ADE PUTRA  
NIT. 20.41.026  
NAUTIKA**

**PROGRAM DIPLOMA IV PELAYARAN  
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR  
TAHU2024**

**ANALISIS PENYEBAB TERJADINYA KEBOCORAN TANGKI  
MUATAN PADA KAPAL MT SUMBER REJEKI 68**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Program  
Pendidikan Diploma IV Pelayaran

Program Studi Nautika

Disusun dan Diajukan Oleh

ADE PUTRA NIT. 20.41.026

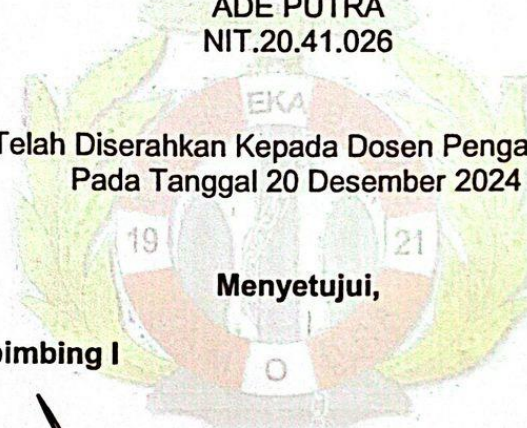
**PROGRAM DIPLOMA IV PELAYARAN  
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR  
TAHUN 2024**

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENYEBAB TERJADINYA KEBOCORAN TANGKI  
MUATAN PADA KAPAL MT SUMBER REJEKI 68**

Disusun dan Diajukan Oleh:  
**ADE PUTRA**  
NIT.20.41.026

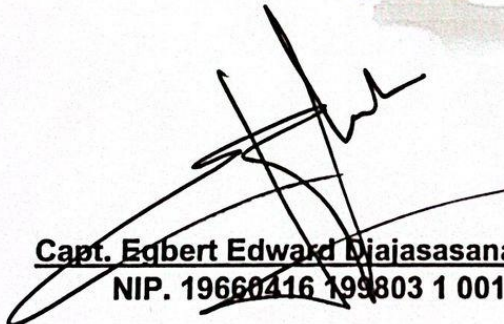
Telah Diserahkan Kepada Dosen Pengampuh  
Pada Tanggal 20 Desember 2024



**Menyetujui,**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

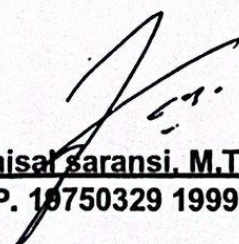
  
**Capt. Egbert Edward Djajasasana, M.Pd.**  
NIP. 19660416 199803 1 001

  
**Haerani Asri, S.Si.T., M.T.**  
NIP. 19830820 201012 2 001

**Mengetahui,**

a.n Direktur  
Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar  
Pembantu direktur I

Ketua Program Studi

  
**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 2 001

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada tuhan yang maha esa, karena berkat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan judul: Analisis Penyebab Terjadinya Kebocoran Tangki Muatan Pada Kapal mt sumber rejeki 68. Adapun maksud dan tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program Diploma IV di politeknik Ilmu Pelayaran Makassar. Penulis menyadari dalam proses penyusunan tugas ini penulis menjumpai hambatan, namun berkat dukungan materil dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas ini dengan cukup baik, kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada orang tua peneliti, Bapak ARDI dan Ibu DARNA Yang selalu menemani dan memberikan dukungan dengan segenap jiwa dalam kondisi apapun. Terimah kasih untuk semua kasih sayang, doa, serta nasihat yang telah di berikan.

Penulis menyadari bahwa penyusunan ini masih jauh dari kata sempurna, hasil tersebut di sebabkan keterbatasan kemampuan penulis. Mengingat hal tersebut perlu kritikan maupun saran dari berbagai pihak yang bersifat membangun sangatlah di harapkan oleh penulis demi kesempurnaan karya ilmiah ini.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimah kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Capt. Rudy Susanto M.Pd. selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Bapak Capt. Faisal Saransi, MT., M. Mar. Selaku Pembantu direktur I Studi Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
3. Ibu Subehana Rachman, S.A.P., M. Adm., S.D.A. Selaku Ketua Program Studi Nautika
4. Bapak Capt. Egbert Edward Djajasasana, M.Pd. Selaku Dosen Pembimbing I Pada penulisan Skripsi ini.
5. Ibu Haerani Asri., S.Si.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II Penulisan

Skripsi ini.

6. Orang tua tercinta, yang telah memberikan dukungan moril dan spiritual kepada penulis selama menyusun skripsi ini.
7. Para dosen dan civitas akademika Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
8. Seluruh *crew* MT. Sumber Rejeki 68 yang telah memberikan inspirasi dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Seluruh rekan-rekan Angkatan XLI dan gelombang LXI Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, khususnya prodi nautika yang selalu mendukung dan membantu dalam memberikan saran, serta pemikiran sehingga terselesaikan skripsi ini.

Dalam proses penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca agar penulis dapat membuat karya tulis yang lebih baik. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan, serta pengetahuan bagi pembaca.

Makassar, 20 Desember 2024



**ADE PUTRA**

**NIT. 20.41.026**

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Nama : ADE PUTRA  
NIT : 20.41.026  
Program Studi : NAUTIKA

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

### **ANALISIS PENYEBAB TERJADINYA KEBOCORAN TANGKIMUATAN PADA KAPAL MT SUMBER REJEKI 68**

Ini adalah karya penulis dan semua pemikiran didalam ini, tetapi untuk topik dan apa yang di tuangkan sebagai kutipan, adalah pemikiran yang penulis susun sendiri. Apabila artikulasi berlebihan tersebut ditunjukkan dengan hal lain, maka penulis bersedia mengakui sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Makassar, 20 Desember 2024



ADE PUTRA

NIT. 20.41.026

## ABSTRAK

**ADE PUTRA, 2024.”** Analisis Penyebab Terjadinya Kebocoran Tangki Muatan Di kapal MT. Sumber Rejeki 68” (di bimbing oleh Egbert Edward Djajasasana dan Haerani Asri).

Kebocoran pada tangki muatan merupakan masalah serius dalam industri perkapalan dan penyimpanan bahan cair, yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi, pencemaran lingkungan, serta risiko keselamatan bagi pekerja. melalui pendekatan multi disiplin yang mencakup aspek desain, material, korosi, serta faktor operasional dan pemeliharaan. Tujuan skripsi ini untuk mengetahui penyebab kebocoran tangki muatan di kapal MT. Sumber Rejeki 68.

Penelitian ini di lakukan pada kapal MT. Sumber Rejeki 68 sejak penulis melakukan penelitian selama 12 bulan. Dalam skripsi ini menggunakan metode deskriptif kualitatif yang terjadi kebocoran tangki muatan di kapal MT. Sumber Rejeki 68 dengan metode pengumpulan data/informasi yaitu pengamatan(observasi), interview(wawancara) dan teknik dokumentasi .

Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor utama penyebab kebocoran tangki adalah tidak terlaksananya perawatan dengan baik sesuai prosedur perawatan terhadap tangki-tangki yang ada diatas kapal MT. Sumber Rejeki 68 yang menyebabkan kebocoran.

Kata Kunci: Korosi, Kebocoran, Tangki.

## ***ABSTRACT***

**ADE PUTRA, 2024.** "Analysis of the Causes of Cargo Tank Leaks on MT ships. Sumber Rejeki 68" (supervised by Egbert Edward Djajasasana and Haerani Asri).

Leaks in cargo tanks are a serious problem in the shipping and liquid storage industries, which can cause economic losses, environmental pollution and safety risks for workers. through a multi-disciplinary approach that includes aspects of design, materials, corrosion, as well as operational and maintenance factors. The aim of this thesis is to analyze the causes of cargo tank leaks on MT ships. Source of Fortune 68.

This research was carried out on the MT ship. Sumber Rejeki 68 since the author conducted research for 12 months. In this thesis, we use a qualitative descriptive method where a cargo tank leak occurred on an MT ship. Sumber Rejeki 68 with data collection methods/ namely observation information, interviews and documentation techniques.

The results of the research show that the main factor causing tank leaks is failure to carry out proper maintenance according to maintenance procedures for the tanks on MT ships. Sumber Rejeki 68 which caused the leak.

Keywords: Corrosion, Tank, Load.



## DAFTAR ISI

|                                               | Halaman     |
|-----------------------------------------------|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b>                          | <b>i</b>    |
| <b>HALAMAN PENGAJUAN</b>                      | <b>ii</b>   |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b>                     | <b>iii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR</b>                         | <b>iv</b>   |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b>            | <b>vi</b>   |
| <b>ABSTRAK</b>                                | <b>vii</b>  |
| <b>ABSTRACT</b>                               | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR ISI</b>                             | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL</b>                           | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b>                          | <b>xii</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>                      |             |
| A. Latar Belakang                             | 1           |
| B. Rumusan Masalah                            | 3           |
| C. Tujuan Penelitian                          | 3           |
| D. Manfaat Penelitian                         | 3           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>                |             |
| A. Kebocoran                                  | 5           |
| B. Faktor Penyebab Kebocoran Tangki           | 12          |
| C. Perawatan Tangki Kapal Tanker              | 32          |
| D. Model Berpikir                             | 41          |
| E. Pertanyaan Penelitian                      | 41          |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>              |             |
| A. Jenis Penelitian                           | 42          |
| B. Defenisi Operasional                       | 42          |
| C. Unit Analisis                              | 43          |
| D. Teknik Pengumpulan Data/Informasi          | 45          |
| E. Teknik Analisis Data                       | 46          |
| <b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b> |             |
| A. Hasil Penelitian                           | 48          |
| B. Pembahasan                                 | 57          |

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| <b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN</b> |           |
| A.    Simpulan                  | 65        |
| B.    Saran                     | 65        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>           | <b>66</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>                 | <b>68</b> |
| <b>RIWAYAT HIDUP PENULIS</b>    | <b>70</b> |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                     | Halaman |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Tabel 2.1 Model Berpikir                                                            | 41      |
| Tabel 4.1 Data Maksimal Muatan Yang Mampu Dimuat Oleh<br>Masing–Masing Tangki Muat. | 56      |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                           | Halaman |
|-----------------------------------------------------------|---------|
| Gambar 2.1 Karat/korosi grade 1 (karat ringan)            | 16      |
| Gambar 2.2 Karat/korosi grade 2 (karat sedang)            | 17      |
| Gambar 2.3 Karat/korosi grade 3 (karat parah)             | 19      |
| Gambar 2.4 Karat/korosi grade 4 (karat ekstrim)           | 20      |
| Gambar 4.1 Mt sumber rejeki 68                            | 48      |
| Gambar 4.2 Ship Particular                                | 48      |
| Gambar 4.3 Lubang Yang Di Temukan Awak Kapal              | 54      |
| Gambar 4.4 Penampang Melintang Tangki                     | 55      |
| Gambar 4.5 Penampang Membujur Kapal                       | 55      |
| Gambar 4.6 Pelaksanaan Penanggulangan Kebocoran Sementara | 62      |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Transportasi laut merupakan bagian yang sangat penting bagi perekonomian suatu negara dalam dunia maritim. Dengan demikian, perlu adanya sarana transportasi antar pulau hingga antar negara melalui perairan laut. Kapal adalah transportasi laut yang sangat diandalkan dalam bidang tersebut. Kapal memiliki beberapa macam jenis dan fungsi sesuai dengan kebutuhan umat manusia. Misalnya saja, terdapat beberapa jenis kapal muatan diantaranya kapal untuk muatan barang (*General cargo*), muatan curah (*Bulk carrier*), muatan peti kemas (*Container*), muatan kayu (*Log carrier*), muatan gas (*Lpg* dan *Lng tanker*), muatan minyak (*Oil Tanker*), muatan *chemical* (*Chemical Tanker*), serta banyak lagi jenis-jenis kapal lainnya yang digunakan untuk berbagai macam kegiatan transportasi laut.

Pada industri minyak dan gas, muatan cair didistribusikan kepulauan menggunakan kapal *tanker* sesuai dengan jenis muatan yang akan dimuat, namun demikian tidak semua kapal *tanker* dapat memuat semua jenis muatan cair. Secara umum, kapal *tanker* terdiri dari tiga jenis: *product tanker*, *crude carrier* dan *gas tanker*. Lebih lanjut, Terdapat kapal *tanker* yang memuat lebih dari satu *grade* muatan dan ada juga yang hanya memuat satu *grade* muatan. Kapal *tanker* yang memuat satu jenis *grade* muatan dan tidak berganti-ganti muatan biasanya memiliki perawatan lebih sederhana daripada kapal *tanker* yang memiliki lebih dari satu *grade*, misalnya saja hanya dilakukan *squeezing* pada akhir proses bongkar muat. Sementara itu, kapal *tanker* yang memuat lebih dari satu *grade* muatan memerlukan persiapan khusus, utamanya dalam mempersiapkan tangki-tangki muatan dan biasanya dilakukan tank

*cleaning* pada akhir proses bongkar muat. Dalam pelaksanaan kegiatan bongkar muat, tangki-tangki harus selalu diperiksa dan diperhatikan agar terhindar dari kebocoran. Hal ini dilakukan agar pelaksanaan bongkar muat dapat berjalan dengan cepat dan aman. Apabila pemeriksaan tangki tidak dilakukan secara teratur, maka kebocoran tangki dapat terjadi tanpa sepengetahuan pihak kapal dan pihak kapal akan mengetahui kebocoran tangki tersebut ketika kebocoran timbul.

Berdasarkan pengalaman penulis selama melaksanakan praktek laut di atas kapal MT. Sumber Rejeki 68 pada tanggal 9 juli 2023 pada saat kapal sedang berlabuh di Kampung Baru Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur dalam keadaan muatan terisi penuh. Ketika kapal berada di Kampung Baru tepat 2 hari setelah melakukan *loading* kapal dapat carteran dari perusahaan untuk melakukan bunker di OB (*Outer buoy*) setelah itu *chief officer* dan bosun melakukan *sounding* untuk menghitung muatan dan siapkan tangki berapa yang akan di bongkar. pada saat setelah melakukan *sounding chief officer* menghitung muatan dan ternyata muatan di tangki 4/S muatannya berkurang sekitar  $\pm 50$  ton dan kapal agak miring ke kiri. akan tetapi kapal tetap melakukan bunker.

Hal ini dirasa perlu mengingat resiko yang dihadapi bukan saja dapat mengancam keselamatan muatan, akan tetapi menyangkut keselamatan *crew* kapal. mengangkat dari permasalahan tersebut, maka didapatkan judul dalam penulisan skripsi ini sebagai berikut:

## **ANALISIS PENYEBAB TERJADINYA KEBOCORAN TANGKI MUATAN PADA KAPAL MT. SUMBER REJEKI 68**

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat disimpulkan rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

Apa penyebab terjadinya kebocoran tangki muatan di kapal MT.

Sumber Rejeki 68?

## **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penulisan skripsi untuk mengetahui penyebab kebocoran tangki muatan ke *ballast tank* di MT. Sumber Rejeki 68 yang menimbulkan kerugian dan dapat menghambat *operational* kapal

## **D. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penulisan skripsi ini bagi pembaca:

### **a. Manfaat Teoritis**

Manfaat teoritis adalah manfaat yang berkaitan dengan pengetahuan konseptual atau abstrak yang diberikan oleh sebuah teori. Ini mencakup pemahaman yang lebih baik tentang fenomena atau sistem tertentu, pengembangan kerangka kerja yang dapat digunakan untuk menjelaskan dan memprediksi perilaku, serta memungkinkan untuk merumuskan hipotesis yang dapat diuji secara empiris.

Manfaat teoritis membantu kita memahami dasar-dasar sebuah bidang atau topik secara lebih mendalam dan dapat membuka jalan bagi penemuan baru atau inovasi dalam penelitian dan praktek. Manfaat teoritis dalam penelitian ini adalah menambah pengetahuan dan wawasan bagi penulis dan pembaca tentang mencegah kebocoran minyak dari tangki muatan ke *ballast tank*.

### **b. Manfaat Praktis**

Manfaat praktis adalah manfaat yang langsung terkait dengan penerapan atau penggunaan sebuah konsep atau teori dalam kehidupan sehari-hari atau dalam konteks tertentu, seperti industri, bisnis, atau kebijakan publik.

Ini bisa berupa solusi untuk masalah konkret, peningkatan efisiensi dalam proses, pengembangan produk atau layanan baru, atau peningkatan kinerja dalam berbagai bidang.

Manfaat praktis dalam penelitian ini sebagai bahan pengetahuan ketika menjadi perwira, khususnya *Chief Officer* dalam mengoptimalkan perawatan tangki muatan.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Kebocoran**

Menurut Sugiyono (2016:156) di dalam buku Metode Penelitian Kuantitatif bocor adalah berlubang sehingga media (air, udara, gas) dapat keluar atau masuk, dan kebocoran adalah keadaan bocor.

Menurut M.D. Smith (2008:74) dalam buku Principles of Fluid Dynamics" Kebocoran adalah peristiwa di mana suatu cairan atau gas secara tidak sengaja keluar dari wadahnya, sering kali menyebabkan kapalan kerugian atau kerusakan.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2018:212) Kebocoran adalah suatu kondisi di mana terdapat lubang atau celah pada suatu media atau wadah, sehingga memungkinkan air, udara, gas, atau zat lain keluar atau masuk secara tidak diinginkan. Kebocoran sering kali dapat menyebabkan kerugian atau kerusakan, baik dalam konteks fisik maupun fungsional.

##### **1. Jenis-Jenis Kebocoran**

Jenis-jenis kebocoran menurut Tri Mukti (2018: 15) terbagi menjadi tiga berdasarkan tingkatan kebocorannya, antara lain:

##### **a. Kebocoran dalam stadium tinggi**

Kebocoran ini dapat dengan mudah diketahui oleh seluruh *crew* kapal yang sedang bertugas, karena dinding tangki robek atau berlubang yang berukuran besar sehingga minyak yang keluar dalam jumlah yang sangat besar dalam waktu singkat. Kebocoran ini biasanya disebabkan oleh tubrukan, kandas, kapal menabrak karang, dan kapal menabrak gunung es.

##### **b. Kebocoran dalam stadium sedang**

Kebocoran ini disebabkan oleh lubang yang tidak terlalu besar pada dinding tangki muatan sehingga minyak mengalir keluar. Untuk mengetahuinya yaitu dengan menyounding tiap-tiap tangki dan jika *ullage* (jarak tegak di dalam tangki yang dihitu

dari permukaan cairan sampai tutup kepala tangki) bertambah maka terjadi kebocoran. Cara mengetahui posisi/letak kebocoran yaitu dengan cara mengecek secara langsung ke seluruh tangki, apabila terjadi rembesan maka terjadi kebocoran, kemudian bagian yang bocor diberi tanda.

c. Kebocoran dalam stadium rendah

Mengenai kebocoran bentuk ini sangat sulit sekali. Kebocoran ini terjadi jika dinding tangki sudah sangat tua umurnya, lembab dan tidak kedap air maupun gas. Tidak terjadi aliran maupun kucuran minyak, tetapi sedikit demi sedikit jumlah muatan di tangki muatan akan berkurang. Cara mengetahui kebocoran jenis ini yaitu dengan memasang alat pengatur tekanan udara, pada kepala tangki. Kemudian kepala tangki ditutup rapat, dengan engsel yang dikunci. Setelah itu, tangki diisi dengan udara yang langsung dihubungkan dengan kompresor. Jika tekanan udara berkurang maka terjadi kebocoran pada tangki tersebut.

2. Penanggulangan Kebocoran Pada Tangki Kapal

Menurut Soegiono (2006: 187) penanggulangan adalah proses menanggulangi. Dalam hal ini, penanggulangan bertujuan untuk mengatasi sehingga terselesaikan suatu masalah.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2008:1442), penanggulangan berasal dari kata tanggulang yang berarti menghadapi, mengatasi. Kemudian ditambah awalan pe- dan akhiran -an, sehingga menjadi penanggulangan yang berarti proses, cara, perbuatan menanggulangi.

Penanggulangan kebocoran harus cepat dilakukan untuk meminimalisir bahaya ataupun kerugian. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, kebocoran merupakan bentuk kerugian, oleh karenanya penanggulangan kebocoran merupakan langkah atau cara untuk mengatasi keadaan dari sesuatu yang bocor. Penanggulangan kebocoran dapat berjalan efektif apabila kita dapat mengidentifikasi jenis-jenis kebocoran sehingga dapat

ditemukan langkah pengulangan yang tepat. Jika sudah terjadi kebocoran, maka dibutuhkan langkah untuk menganggulangi kebocoran itu sendiri.

Dalam operasi tanggap darurat ketika terjadi kebocoran diperlukan langkah-langkah agar dalam pelaksanaan penanggulangan kebocoran dapat dilakukan secara cepat dan aman. Diantaranya sebagai berikut:

a. *Gas Free* (Pembebasan gas)

Menurut SIGTTO (2016: 372) menyatakan *Gas Free Operation* adalah proses menghilangkan gas beracun, mudah terbakar, dan inert gas dari dalam tangki atau enclosed space, diikuti dengan memasukan udara kering didalamnya, sehingga atmosfir didalam tangki tidak kekurangan oksigen dan aman untuk dimasuki dengan maksud pelaksanaan melakukan pekerjaan. *Gas Free* adalah suatu kondisi di mana suatu ruang atau tangki dinyatakan bebas dari gas berbahaya, baik dari segi konsentrasi maupun jenis gas yang ada. Dalam konteks perkapalan, ruang atau tangki dikatakan *Gas Free* jika kandungan gas di dalamnya berada pada tingkat yang aman sesuai dengan standar keselamatan internasional. Standar yang umum digunakan mengacu pada regulasi SOLAS (*Safety of Life at Sea*) dan kode IMDG (*International Maritime Dangerous Goods*), yang menetapkan batas ambang konsentrasi gas yang aman. Proses *Gas Free* melibatkan ventilasi atau pembersihan ruang dari gas atau uap berbahaya hingga konsentrasinya berada di bawah batas yang ditetapkan. Setelah proses ini selesai, dilakukan pengujian menggunakan alat deteksi gas untuk memastikan bahwa ruang tersebut benar-benar aman. Ruang yang telah dinyatakan aman kemudian bisa digunakan untuk kegiatan lain, seperti perbaikan atau pemeliharaan.

Prosedur *Gas Free* pada kapal umumnya dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah mengosongkan tangki atau ruang yang akan di-*Gas Free*. Muatan yang tersisa, seperti sisa minyak atau bahan kimia, harus dibuang atau dipindahkan ke tangki lain. Proses ini harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari tumpahan atau kebocoran.

Setelah tangki kosong, langkah selanjutnya adalah membersihkan tangki dari sisa muatan atau endapan yang mungkin ada. Proses pembersihan ini dapat melibatkan pencucian dengan air, detergen, atau bahan kimia khusus. Setelah itu, ventilasi dilakukan untuk menghilangkan uap atau gas yang tersisa. Ventilasi bisa dilakukan secara alami (*natural ventilation*) dengan membiarkan udara segar masuk, atau secara mekanis (*forced ventilation*) menggunakan kipas atau kipas listrik. Setelah ventilasi dilakukan, dilakukan pengujian gas untuk mengecek kandungan gas yang ada di dalam ruang tersebut. Alat deteksi gas digunakan untuk mengukur konsentrasi gas seperti oksigen, hidrokarbon, dan gas beracun seperti hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) atau karbon monoksida ( $CO$ ). Pengujian ini harus menunjukkan bahwa kandungan gas berada di bawah batas aman yang ditentukan sebelum ruang dinyatakan *Gas Free*. Jika hasil pengujian menunjukkan bahwa ruang tersebut aman, maka seorang surveyor atau petugas yang berwenang akan mengeluarkan sertifikat *Gas Free*. Sertifikat ini menjadi bukti bahwa ruang atau tangki tersebut aman untuk dimasuki atau digunakan untuk pekerjaan tertentu. Proses *Gas Free* memiliki peran yang sangat penting bagi kru kapal dan pihak lain yang mungkin harus masuk ke dalam ruang tertutup. Kegagalan dalam melakukan *Gas Free* dengan benar dapat berakibat fatal, seperti terjadinya ledakan karena akumulasi gas mudah terbakar, atau keracunan karena adanya gas beracun. Oleh karena itu, banyak kecelakaan di kapal *tanker* yang bisa

dicegah dengan menerapkan prosedur *Gas Free* yang tepat.

b. Pencucian Tangki

Pencucian tangki adalah suatu proses yang berfungsi untuk membersihkan minyak atau kotoran yang masih menempel pada dinding tangki. Kegiatan ini dilakukan agar dapat diketahui dengan jelas letak kebocoran dan dapat dilakukan penanggulangan dengan segera. Pencucian tangki merupakan salah satu prosedur kritis dalam pengoperasian kapal *tanker*, terutama setelah tangki digunakan untuk mengangkut muatan cair seperti minyak mentah, bahan kimia, atau produk olahan lainnya. Proses ini tidak hanya bertujuan untuk memastikan kebersihan tangki sebelum menerima muatan berikutnya, tetapi juga untuk mematuhi regulasi lingkungan yang ketat serta mencegah terjadinya kontaminasi antar muatan yang dapat merugikan kualitas kargo. Pencucian tangki yang tepat juga berfungsi sebagai tindakan preventif terhadap korosi dan kerusakan struktural pada tangki, yang sering kali disebabkan kapalan oleh sisa-sisa muatan yang bersifat korosif atau reaktif. Dalam pelaksanaannya, pencucian tangki membutuhkan perencanaan yang matang dan metode yang sesuai dengan jenis muatan yang sebelumnya disimpan. Misalnya, pada muatan minyak mentah, metode pencucian sering kali menggunakan sistem *Crude Oil Washing* (COW), yang memanfaatkan sisa minyak mentah itu sendiri sebagai agen pembersih untuk mengurangi sisa kotoran pada dinding tangki. Di sisi lain, pencucian tangki yang digunakan untuk bahan kimia membutuhkan agen pembersih khusus yang dapat menetralkan atau menghilangkan zat-zat berbahaya.

Pencucian dilakukan melalui berbagai tahap yang melibatkan pembilasan dengan air, penerapan deterjen, hingga pengeringan dengan sistem ventilasi untuk memastikan bahwa tidak ada kelembapan yang tersisa, yang bisa memicu korosi.

Selain aspek teknis, pelaksanaan pencucian tangki harus mematuhi pedoman keamanan dan lingkungan, seperti MARPOL Annex II, yang mengatur pembuangan residu pencucian secara aman. Pelaksanaan prosedur ini harus dilakukan oleh personel yang terlatih dan menggunakan peralatan modern untuk meminimalkan risiko seperti eksposur terhadap gas berbahaya atau potensi ledakan akibat campuran residu muatan dengan oksigen. Secara keseluruhan, pencucian tangki yang efektif tidak hanya menjaga efisiensi operasional kapal *tanker*, tetapi juga berkontribusi terhadap keamanan maritim dan perlindungan lingkungan laut dari pencemaran.

c. Penanggulangan Kebocoran Sementara

Penanggulangan kebocoran sementara dilakukan dalam keadaan darurat ketika posisi kapal tidak berlabuh dengan menggunakan baut dan lem baja. Kebocoran pada tangki muatan merupakan kondisi darurat yang harus segera diatasi untuk menghindari kerugian yang lebih besar, baik dari segi keselamatan kapal, muatan, maupun dampak lingkungan. Penanggulangan kebocoran sementara menjadi tindakan *crew* kapalsial yang harus dilakukan secepat mungkin, terutama ketika kapal masih berada di tengah laut dan jauh dari fasilitas perbaikan darat. Penanggulangan sementara bertujuan untuk menghentikan atau meminimalkan laju kebocoran hingga kapal dapat tiba di pelabuhan terdekat untuk perbaikan permanen. Langkah pertama dalam penanggulangan kebocoran sementara adalah mengidentifikasi sumber kebocoran. Identifikasi dilakukan dengan cepat untuk menentukan lokasi spesifik kebocoran pada tangki serta memahami seberapa besar tingkat kebocoran tersebut. Teknisi atau *crew* kapal akan memeriksa area tangki yang mengalami kebocoran dan mengukur volume kebocoran yang terjadi. Penentuan ini sangat penting karena akan mempengaruhi strategi penanggulangan

yang dipilih. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kebocoran, seperti inspeksi visual, penggunaan detektor kebocoran, atau memanfaatkan alat seperti *ultrasonic leak detector* untuk mendeteksi kebocoran yang sulit dijangkau. Setelah lokasi dan skala kebocoran diketahui, tim darurat dapat segera merencanakan langkah-langkah penanganan yang paling tepat. Salah satu metode paling umum dalam penanggulangan kebocoran sementara adalah penggunaan *temporary repair kits* atau peralatan perbaikan darurat. Paket perbaikan ini biasanya tersedia di kapal dan dirancang khusus untuk menutup lubang atau retakan pada dinding tangki.

d. Penggantian Plat

*Replating* atau penggantian plat merupakan suatu proses dimana kapal melakukan pergantian dan pembaharuan plat besi maupun plat baja yang baru untuk menggantikan plat lama. Kegiatan ini dilakukan agar permasalahan kebocoran dapat terhindar dan pada akhirnya tidak ada pihak yang dirugikan akibat dari kebocoran tangki muat. Penggantian plat tangki merupakan salah satu langkah penting dalam upaya pemeliharaan preventif untuk mencegah kebocoran yang dapat berakibat fatal pada operasi kapal *tanker*. Seiring waktu, plat tangki kapal yang terus-menerus terpapar oleh muatan cair yang korosif, tekanan tinggi, dan perubahan suhu ekstrem cenderung mengalami degradasi. Korosi, retakan, dan penipisan plat merupakan beberapa masalah umum yang sering kali muncul dan, jika tidak ditangani segera, dapat menyebabkan kapal mengalami kebocoran yang signifikan. Oleh karena itu, inspeksi berkala terhadap ketebalan dan kondisi plat tangki menjadi hal yang sangat penting bagi awak kapal. Ketika ditemukan area plat yang sudah terlalu tipis atau mengalami kerusakan serius, penggantian plat secara lokal harus segera dilakukan untuk menghindari kerusakan lebih lanjut dan risiko kegagalan

struktural.

Proses penggantian plat tidak hanya melibatkan penilaian teknis mengenai bagian plat yang perlu diganti, tetapi juga mempertimbangkan material yang digunakan. Penggunaan material yang sesuai dan tahan korosi sangat penting dalam menjamin ketahanan plat pengganti. Selain itu, pengelasan yang dilakukan dalam proses penggantian plat harus memenuhi standar keselamatan dan kualitas yang ketat. Kesalahan dalam pengelasan atau penggunaan material yang tidak sesuai dapat menyebabkan kapalan titik lemah baru yang rentan terhadap kebocoran di masa mendatang. Selama proses penggantian, prosedur keselamatan juga harus diperhatikan, termasuk pembersihan menyeluruh terhadap tangki dari gas berbahaya dan residu muatan sebelum pekerjaan dimulai.

Setelah penggantian plat, pengujian seperti uji tekanan dan inspeksi non-destruktif dilakukan untuk memastikan integritas plat baru serta sambungan-sambungan lasnya. Penggantian plat yang dilakukan dengan tepat tidak hanya memperpanjang umur pakai tangki tetapi juga meminimalkan risiko operasional dan dampak lingkungan yang timbul akibat kebocoran. Dalam skala yang lebih luas, praktek penggantian plat ini merupakan bagian dari manajemen aset dan pemeliharaan yang berkelanjutan, di mana perawatan tangki yang proaktif mampu mengurangi biaya perbaikan darurat dan potensi kerugian yang lebih besar akibat insiden kebocoran.

## **B. Faktor Penyebab Kebocoran Tangki**

Kebocoran tangki muatan pada kapal *tanker* merupakan masalah serius yang dapat mengakibatkan dampak lingkungan yang signifikan serta kerugian material yang besar.

Dalam berbagai literatur, penyebab kebocoran tangki pada kapal *tanker* dapat dikelompokkan menjadi dua faktor utama, yaitu faktor internal dan faktor eksternal.



## **1. Faktor Internal**

Faktor internal berkaitan dengan kondisi dan manajemen internal kapal itu sendiri. Beberapa aspek yang dapat menjadi penyebab kebocoran antara lain:

### **a. Karat/ Korosi**

Menurut Anwar (2015:45), karat atau korosi adalah proses degradasi material, terutama logam, yang disebabkan kapalan oleh reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungannya. Proses korosi ini biasanya terjadi pada material logam yang terpapar udara lembap atau zat asam, yang menyebabkan kapalan logam mengalami kerusakan struktural dan berkurang kekuatannya.

Menurut Sunaryo (2016:34), korosi adalah proses alami yang menyebabkan kapalan kerusakan material logam akibat reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungannya. Proses ini terjadi terutama ketika logam berinteraksi dengan air dan oksigen, menghasilkan oksida besi atau karat. Sedangkan menurut Taufik (2017:45), korosi adalah proses degradasi material, khususnya logam, yang terjadi akibat pengaruh lingkungan seperti kelembapan, temperatur, dan adanya zat- zat pengotor seperti garam. Menurutnya, korosi dapat menurunkan kekuatan material dan menyebabkan kapalan kerusakan struktural.

Berdasarkan pengertian di atas, karat atau korosi adalah proses degradasi material, terutama logam, yang disebabkan kapalan oleh reaksi kimia atau elektrokimia antara material tersebut dengan lingkungannya. Proses ini umumnya terjadi ketika logam terpapar kondisi lingkungan yang lembap atau mengandung zat asam, sehingga memicu interaksi dengan oksigen dan air yang menghasilkan oksida besi atau karat. Karat ini merusak struktur logam, menurunkan kekuatan mekaniknya, dan mengurangi umur pakai material tersebut. Dari perspektif beberapa ahli, korosi dipandang sebagaifenomena yang alami namun sangat merugikan, terutama dalam industri dan

konstruksi, karena dapat menyebabkan kapalan kerusakan signifikan pada infrastruktur dan peralatan.

Karat atau korosi merupakan salah satu penyebab utama kebocoran tangki muatan. Korosi terjadi akibat reaksi kimia antara material tangki (biasanya baja) dengan lingkungan di sekitarnya, terutama saat terjadi kontak dengan air laut atau bahan kimia agresif. Proses ini menyebabkan *crew* kapal memberikan lapisan pelindung pada tangki terdegradasi dan akhirnya menimbulkan kebocoran. Tangki pada kapal *tanker* didesain untuk menahan tekanan yang tinggi serta mengandung bahan cairan yang sering kali bersifat korosif. Oleh karena itu, tangki harus selalu dalam kondisi optimal untuk menghindari kerusakan yang dapat berujung pada kebocoran. Ketika perawatan tangki tidak dilakukan secara rutin dan sesuai standar, komponen-komponen penting pada tangki, seperti dinding tangki, seal, dan valve, dapat mengalami keausan. Kebocoran tangki akibat korosi memiliki dampak yang sangat signifikan terhadap keselamatan dan operasional kapal. Pertama, kebocoran dapat menyebabkan kehilangan muatan yang berdampak pada kerugian finansial yang besar. Dalam kasus muatan cair yang mudah terbakar, seperti minyak mentah, kebocoran bisa memicu risiko kebakaran atau ledakan yang mengancam keselamatan *crew* kapal dan lingkungan sekitar.

Selain itu, kebocoran yang disebabkan oleh korosi juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan laut. Cairan berbahaya yang bocor ke laut dapat merusak ekosistem, mengganggu kehidupan biota laut, serta mencemari perairan yang berdampak luas terhadap industri perikanan dan pariwisata.

Dari segi teknis, kebocoran akibat korosi juga akan memaksa kapal untuk melakukan perbaikan mendesak di galangan kapal, yang tidak hanya membutuhkan biaya besar tetapi juga menyebabkan downtime kapal yang berdampak pada

produktivitas. Oleh karena itu, untuk mencegah korosi pada tangki kapal, industri maritim telah mengembangkan berbagai metode perlindungan. Salah satu metode yang paling umum adalah pelapisan atau *coating* tangki dengan bahan anti-karat yang dapat mencegah kontak langsung antara logam dengan lingkungan korosif. *Coating* berbahan epoxy atau *zinc-aluminum* sering digunakan karena sifatnya yang tahan terhadap zat-zat korosif. *Coating* ini berfungsi sebagai penghalang protektif, yang memungkinkan material logam tetap utuh meski berada di lingkungan yang ekstrem. Selain *coating*, penerapan teknik perlindungan katodik juga umum digunakan, terutama pada kapal yang beroperasi di laut dalam waktu lama. Teknik ini melibatkan pemasangan anoda pengorbanan yang akan terkorosi lebih dahulu, melindungi material utama dari kerusakan. Dalam beberapa kasus, inhibitor korosi juga ditambahkan ke dalam muatan atau lingkungan sekitar untuk memperlambat laju korosi.

Secara keseluruhan, pemahaman mendalam tentang proses korosi dan penerapan strategi pencegahan yang efektif menjadi sangat penting dalam menjaga keandalan dan keselamatan operasi kapal, terutama kapal *tanker*. Mengingat potensi dampak yang ditimbulkan, penanganan korosi bukan hanya tanggung jawab teknis tetapi juga bagian penting dari manajemen risiko yang harus diprioritaskan dalam setiap operasi maritim. Penyebab utama karat adalah interaksi antara logam dengan oksigen dan kelembaban.

#### 1) Jenis-Jenis Karat/ Korosi

Karat atau korosi bukanlah fenomena yang seragam, melainkan memiliki berbagai bentuk yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, karakteristik material, dan faktor mekanis. Pemahaman mengenai jenis-jenis korosi sangat penting karena setiap jenis memiliki mekanisme, dampak, serta metode pencegahan yang berbeda. Berikut ini adalah

beberapa jenis korosi yang umum terjadi pada struktur logam dan bagaimana masing-masing jenis tersebut berkembang serta merusak integritas material. Berikut adalah jenis-jenis karat/ korosi, antara lain :

a) Korosi Seragam (*Uniform Corrosion*)

Korosi seragam adalah jenis korosi yang paling umum dan sederhana. Pada korosi seragam, kerusakan terjadi secara merata di seluruh permukaan logam yang terkena lingkungan korosif. Reaksi kimia antara logam, oksigen, dan elemen lain, seperti air atau polutan udara, menyebabkan kapalan terjadinya oksidasi yang menyeluruh. Meskipun korosi ini mungkin terlihat kurang berbahaya karena terjadi secara merata, dalam jangka panjang, korosi seragam dapat menyebabkan kapalanpenipisan material dan kerusakan struktural. Contoh umum dari korosi seragam adalah karat yang terlihat pada struktur baja yang dibiarkan terkena cuaca dalam waktu lama tanpa perlindungan.

Gambar 2.1 Karat/Korosi *Grade 1* (Karat Ringan)



Sumber: istock.com:2024

### b) Korosi Celah (*Crevice Corrosion*)

Korosi celah terjadi pada daerah-daerah yang tersembunyi atau terhalang di permukaan logam, seperti pada sambungan, retakan, atau di bawah lapisan pelindung yang tidak rapat. Celah-celah ini menciptakan lingkungan yang kekurangan oksigen, yang mendukung terjadinya reaksi elektrokimia yang mempercepat korosi. Karena area ini tertutup, produk korosi seperti oksida logam sulit terdispersi dan justru menumpuk, memperburuk kondisi korosi di area tersebut. Korosi celah sering terjadi pada struktur logam yang terendam atau pada peralatan yang memiliki sambungan kompleks.

Gambar 2.2 Karat/Korosi *Grade 2* (Karat Sedang)



Sumber: istock.com:2024

### c) Korosi Galvanik (*Galvanic Corrosion*)

Korosi galvanik terjadi ketika dua jenis logam yang berbeda bersentuhan dan terendam dalam medium elektrolit seperti air laut. Dalam kondisi ini, logam dengan potensial elektroda yang lebih rendah (lebih aktif) akan bertindak sebagai anoda dan mengalami korosi, sementara logam dengan potensial lebih tinggi (kurang

aktif) akan bertindak sebagai katoda dan dilindungi dari korosi. Contoh umum dari korosi galvanik adalah ketika pipa baja terhubung dengan fitting dari tembaga dalam sistem perpipaan, di mana baja akan terkikis lebih cepat dibandingkan tembaga.

d) Korosi Antargranular (*Intergranular Corrosion*)

Korosi antargranular adalah jenis korosi yang terjadi di sepanjang batas-batas butir (grain boundaries) pada struktur mikro logam. Logam yang memiliki struktur mikro dengan konsentrasi elemen tertentu yang tidak merata di sepanjang batas butir lebih rentan terhadap korosi antargranular. Jenis korosi ini sering terjadi pada baja tahan karat (stainless steel) yang mengalami pemanasan di kisaran suhu tertentu, menyebabkan kapalan kromium terlepas dari batas butir dan membentuk senyawa kromium karbida. Hal ini mengurangi perlindungan terhadap korosi pada area tersebut, menyebabkan kapalan kerusakan yang serius meskipun permukaan luar logam terlihat masih utuh.

e) Korosi Erosi (*Erosion Corrosion*)

Korosi erosi terjadi ketika logam mengalami keausan atau abrasi yang diakibatkan oleh aliran cepat cairan atau gas yang membawa partikel abrasif. Gabungan antara proses mekanis (keausan) dan reaksi kimia menyebabkan kapalan laju korosi meningkat. Korosi erosi sering terjadi pada pipa, turbin, pompa, dan alat lainnya yang beroperasi dalam kondisi aliran yang turbulen atau kecepatan tinggi. Pola kerusakan pada permukaan logam biasanya terlihat seperti alur atau lekukan, yang menunjukkan adanya abrasi selain korosi.

Gambar 2.3 Karat/Korosi *Grade 3* (Karat Parah)



Sumber: istock.com:2024

f) Korosi Sumsum Tegang (*Stress Corrosion Cracking - SCC*)

Korosi sumsum tegang adalah jenis kerusakan yang terjadi ketika logam berada di bawah tegangan tarik dan dalam lingkungan korosif. Kombinasi antara tegangandan lingkungan yang merugikan menyebabkan kapalan terbentuknya retakan yang berkembang dengan cepat dan akhirnya menyebabkan kapalan kegagalan material. Material seperti baja tahan karat, aluminium, dan paduan nikel sering kali rentan terhadap SCC, terutama dalam lingkungan dengan klorida atau basa. SCC sangat berbahaya karena retakan yang terjadi biasanya tidak terdeteksi sampai kerusakan sudah mencapai tingkat yang parah.

g) Korosi Selektif (*Selective Leaching*)

Korosi selektif terjadi ketika satu elemen atau komponen dari suatu paduan mengalami larut atau

terkikis, sementara elemen lainnya tetap utuh. Salah satu contoh yang paling dikenal adalah dezinkifikasi pada paduan kuningan, di mana seng (Zn) larut meninggalkan struktur tembaga (Cu) yang rapuh dan mudah rusak. Korosi selektif dapat merusak integritas mekanis material karena elemen yang terkorosi biasanya adalah komponen penting dalam memberikan kekuatan struktural.

Gambar 2.4 Karat/Korosi Grade 4 (Karat Ekstrim)



Sumber: istock.com:2024

#### h) Korosi Pitting (Pitting Corrosion)

Korosi pitting adalah salah satu bentuk korosi yang sangat merusak, meskipun seringkali sulit terdeteksi. Korosi ini menghasilkan lubang-lubang kecil atau cekungan pada permukaan logam yang bisa menembus jauh ke dalam material. Biasanya, pitting terjadi akibat adanya gangguan lokal pada lapisan pelindung pasif, seperti pada stainless steel yang terpapar klorida. Lubang-lubang ini dapat bertindak sebagai titik lemah yang, meskipun ukurannya kecil, dapat menyebabkan kapalan kerusakan serius seperti kebocoran atau kegagalan struktural.



i) Korosi Filiform (*Filiform Corrosion*)

Korosi filiform adalah jenis korosi yang terjadi di bawah lapisan pelindung organik, seperti cat atau pelapis lainnya. Korosi ini dimulai dari titik kecil seperti goresan atau cacat pada lapisan pelindung dan menyebar di bawah permukaan pelindung, menciptakan jejak berbentuk seperti benang atau filamen. Meskipun korosi filiform jarang menyebabkan kapalan kegagalan struktural, korosi ini dapat merusak estetika dan mengurangi efektivitas perlindungan lapisan terhadap korosi.

2) Penyebab Terjadinya Karat/ Korosi

Berikut adalah penjelasan rinci tentang penyebab terjadinya karat:

a) Reaksi Kimia Antara Besi dan Logam

Karat terbentuk melalui reaksi kimia antara besi (Fe), oksigen ( $O_2$ ), dan air ( $H_2O$ ). Proses ini melibatkan serangkaian reaksi elektrokimia yang terjadi di permukaan logam. Ketika besi bersentuhan dengan air dan oksigen, besi akan teroksidasi dan melepaskan elektron.

b) Kelembapan

Kelembapan adalah salah satu faktor utama yang mempercepat terbentuknya karat. Lingkungan dengan tingkat kelembapan tinggi, seperti area dekat laut atau daerah dengan curah hujan tinggi, mempercepat reaksi korosi. Air bertindak sebagai medium yang memfasilitasi transfer elektron, sehingga mempercepat proses oksidasi besi. Selain itu, garam dalam air laut mempercepat korosi karena meningkatkan konduktivitas elektrolit.

c) Keberadaan Elektrolit

Elektrolit adalah cairan yang dapat menghantarkan

listrik dan memungkinkan reaksi elektrokimia terjadi. Dalam konteks korosi, elektrolit seperti air yang mengandung ion (seperti air laut) mempercepat proses karat. Ion-ion dalam elektrolit memungkinkan terjadinya transfer elektron yang lebih efisien, sehingga mempercepat terbentuknya karat.

d) Kontaminasi Udara

Udara yang mengandung polutan, seperti sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) atau karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), dapat meningkatkan laju korosi. Ketika polutan ini bercampur dengan air, mereka membentuk asam (seperti asam sulfur dan asam karbonat) yang mempercepat korosi pada logam. Misalnya, dalam kondisi tertentu,  $\text{SO}_2$  dapat bereaksi dengan air dan menghasilkan asam sulfat yang bersifat sangat korosif.

e) Perbedaan Potensial Listrik Pada Permukaan Logam

Korosi galvanik adalah jenis korosi yang terjadi ketika dua logam yang berbeda bersentuhan dan terendam dalam elektrolit. Logam yang memiliki potensial elektroda lebih rendah akan menjadi anoda dan mengalami korosi, sedangkan logam yang memiliki potensial lebih tinggi menjadi katoda dan dilindungi dari korosi. Perbedaan potensial listrik ini menciptakan sel elektrokimia yang mempercepat proses korosi.

f) Kerusakan Pada Lapisan Pelindung

Banyak logam dilindungi oleh lapisan pelindung seperti cat, pelapis galvanis, atau pelapis lain yang dirancang untuk mencegah kontak langsung antara logam dengan oksigen dan air. Namun, jika lapisan ini tergores atau rusak, bagian logam yang terekspos akan menjadi pusat korosi dan memulai reaksi elektrokimia yang menyebabkan kapalan terbentuknya karat.

g) Lingkungan Asam

Lingkungan dengan tingkat keasaman (pH) yang rendah atau bersifat asam dapat mempercepat laju korosi. Lingkungan asam mempercepat proses pelepasan ion besi ke dalam larutan, sehingga karat lebih cepat terbentuk.

h) Faktor Suhu

Suhu juga memengaruhi laju terjadinya korosi. Pada suhu yang lebih tinggi, laju reaksi kimia meningkat, termasuk reaksi yang menyebabkan kapalan karat. Oleh karena itu, lingkungan yang panas dan lembab cenderung mempercepat korosi pada logam.

i) Struktur Mikro Dari Logam

Struktur mikro dari logam juga berperan dalam terjadinya korosi. Logam yang memiliki komposisi kimia yang tidak seragam atau memiliki cacat pada permukaannya akan lebih rentan terhadap korosi. Bagian-bagian tertentu dari logam mungkin memiliki konsentrasi atom yang berbeda, sehingga menciptakan area dengan potensial elektroda yang berbeda, yang pada akhirnya memicu terjadinya karat.

3) Metode Pencegahan Karat/ Korosi

Karat atau korosi dapat menimbulkan kerusakan serius pada struktur logam, mengakibatkan penurunan kekuatan, biaya perbaikan yang tinggi, serta risiko kegagalan fungsi yang membahayakan. Oleh karena itu, penerapan metode pencegahan yang tepat sangat penting untuk memperpanjang umur material dan menjaga keamanan serta keandalan infrastruktur. Terdapat berbagai metode yang dapat digunakan untuk mencegah korosi, mulai dari pelapisan hingga perlindungan katodik. Metode-metode ini dirancang untuk meminimalkan kontak logam

dengan faktor penyebab korosi atau mengendalikan proses elektrokimia yang memicu terjadinya korosi.

a) Pelapisan dengan Cat atau Pelindung Lainnya

Pelapisan adalah metode yang paling umum digunakan untuk mencegah korosi. Cat, pelapis organik, atau pelapis anorganik seperti keramik dapat membentuk lapisan pelindung yang memisahkan logam dari lingkungan eksternal yang dapat menyebabkan kapalan korosi. Pelapis ini mencegah kontak langsung antara logam dengan oksigen, air, dan polutan yang dapat memicu reaksi korosi. Beberapa pelapis juga memiliki sifat anti-korosi tambahan seperti cat yang mengandung pigmen anti-korosi atau bahan yang dapat menyerap kelembapan.

b) Galvanisasi

Galvanisasi adalah proses melapisi logam, terutama baja, dengan lapisan seng untuk melindunginya dari korosi. Seng bertindak sebagai pelindung katodik yang artinya, bahkan jika lapisan seng rusak, seng tetap akan melindungi baja dengan mengorbankan dirinya melalui proses yang dikenal sebagai korosi galvanik. Galvanisasi banyak digunakan pada peralatan yang terkena lingkungan luar seperti pagar, struktur baja, dan komponen konstruksi lainnya.

c) Penggunaan Material Tahan Karat

Pemilihan material yang tahan terhadap korosi merupakan langkah pencegahan penting dalam lingkungan yang sangat korosif. Misalnya, stainless steel, yang mengandung kromium, memiliki lapisan pelindung alami yang terbentuk ketika kromium bereaksi dengan oksigen, menghasilkan lapisan oksida yang sangat tipis namun kuat dan tahan terhadap korosi. Selain stainless

steel, paduan logam lainnya seperti paduan aluminium dan paduan titanium juga sering digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan korosi tinggi.

d) Perlindungan Katodik (*Cathodic Protection*)

Perlindungan katodik adalah metode yang digunakan untuk melindungi struktur logam dari korosi dengan mengubah logam yang dilindungi menjadi katoda dalam rangkaian elektrokimia. Ada dua jenis perlindungan katodik:

(1) Anoda Korban (*Sacrificial Anode*): Anoda korban adalah logam dengan potensial elektroda lebih rendah (seperti seng atau magnesium) yang dipasang pada struktur yang dilindungi. Anoda ini akan mengalami korosi menggantikan logam yang dilindungi.

(2) *Impressed Current System*: Sistem ini menggunakan sumber arus eksternal untuk menjaga logam yang dilindungi tetap menjadi katoda.

Metode ini sering digunakan pada struktur besar seperti pipa bawah tanah dan kapal.

e) Inhibitor Korosi

Inhibitor korosi adalah bahan kimia yang ditambahkan ke lingkungan korosif untuk memperlambat atau menghentikan proses korosi. Inhibitor ini bekerja dengan membentuk lapisan pelindung di atas permukaan logam atau dengan mengubah sifat elektrokimia lingkungan agar kurang mendukung terjadinya korosi. Inhibitor korosi banyak digunakan dalam sistem perpipaan, boiler, dan pendingin air untuk melindungi logam dari degradasi.

f) Desain yang Baik

Desain yang tepat dapat mencegah terjadinya korosi dengan mengurangi potensi area yang rentan terhadap korosi seperti celah sempit atau sambungan yang sulit

dikeringkan. Desain yang baik juga mempertimbangkan arah aliran air dan menghindari tempat-tempat di mana air bisa tergenang, sehingga meminimalkan risiko korosi celah dan korosi erosi. Selain itu, pemilihan bahan sambungan yang kompatibel juga penting untuk mencegah korosi galvanik.

g) Kontrol Lingkungan

Mengontrol kondisi lingkungan di sekitar logam dapat mengurangi risiko korosi. Misalnya, menjaga kelembapan rendah di dalam ruangan atau menggunakan dehumidifier dapat mengurangi risiko korosi pada peralatan. Selain itu, dalam industri kimia, pengaturan tingkat pH dan menghindari kontaminasi udara oleh zat korosif seperti  $\text{SO}_2$  dan  $\text{CO}_2$  adalah langkah pencegahan yang penting.

h) Anodisasi

Anodisasi adalah proses elektrokimia yang digunakan untuk meningkatkan ketahanan korosi pada logam, terutama aluminium. Proses ini melibatkan pembentukan lapisan oksida yang lebih tebal dan tahan korosi di permukaan logam, yang berfungsi sebagai penghalang pelindung. Selain meningkatkan ketahanan korosi, anodisasi juga memberikan tampilan estetis pada logam dengan pilihan warna yang beragam.

i) Pembersihan dan Perawatan Rutin

Pembersihan dan perawatan rutin adalah langkah sederhana namun efektif dalam mencegah korosi. Membersihkan kotoran, debu, dan kontaminan permukaan logam dapat menghindari penumpukan zat yang bisa memicu korosi. Inspeksi berkala juga penting untuk mendeteksi awal kerusakan atau pelapisan yang mulai aus sehingga bisa segera diperbaiki sebelum korosi menyebar lebih luas.

Mencegah karat atau korosi memerlukan pendekatan yang beragam sesuai dengan jenis material, lingkungan, dan aplikasi. Dengan menggunakan metode seperti pelapisan, galvanisasi, perlindungan katodik, dan pemilihan material tahan karat, risiko korosi dapat diminimalkan. Selain itu, desain yang baik dan perawatan rutin memainkan peran penting dalam menjaga keandalan dan umur panjang struktur logam.

**b. Perawatan Tangki Yang Tidak Memadai**

Perawatan yang tidak dilakukan secara teratur dan sesuai standar dapat mempercepat kerusakan komponen tangki. Inspeksi dan perawatan rutin, termasuk pengecatan ulang dan pembersihan, sangat penting untuk mencegah terjadinya korosi dan kerusakan struktural pada tangki. Tanpa perawatan yang baik, kerentanan terhadap kebocoran akan semakin tinggi.

Perawatan tangki yang tidak memadai juga berkaitan dengan kurangnya penerapan prosedur pemeliharaan yang sesuai dengan standar internasional, seperti yang diatur oleh *International Maritime Organization* (IMO). Standar ini mencakup inspeksi berkala, pembersihan tangki, serta penerapan teknologi deteksi kebocoran yang mutakhir. Namun, dalam banyak kasus, pemilik kapal mengabaikan standar tersebut karena alasan biaya atau ketidaktahuan. Mereka mungkin menunda perawatan atau memilih metode yang lebih murah, yang pada akhirnya menurunkan keandalan tangki.

Tidak hanya itu, kebocoran akibat perawatan yang buruk juga bisa disebabkan kapalan oleh rendahnya kompetensi teknisi yang melakukan pemeliharaan. Jika personel yang bertanggung jawab tidak memiliki pengetahuan yang cukup atau tidak terlatih dengan baik dalam mendeteksi kerusakan dini, maka potensi kebocoran akan meningkat. Misalnya, penggunaan metode inspeksi yang kurang akurat atau tidak menggunakan peralatan canggih seperti ultrasonic testing bisa membuat kerusakan yang

tersembunyi tidak terdeteksi hingga kebocoran sudah mencapai tahap kritis.

Dampak dari kebocoran akibat perawatan tangki yang tidak memadai sangat merugikan. Kebocoran muatan berbahaya dapat mencemari lingkungan laut dan mengakibatkan kerugian finansial yang besar, baik dari segi biaya pembersihan maupun hilangnya muatan. Selain itu, kebocoran juga bisa mempengaruhi stabilitas kapal dan menyebabkan kapalan risiko kecelakaan yang lebih tinggi, termasuk kebakaran atau ledakan jika muatan yang bocor bersifat mudah terbakar.

Untuk mengatasi masalah ini, pemilik kapal dan operator harus menerapkan program perawatan tangki yang komprehensif dan berkelanjutan. Ini termasuk melakukan inspeksi secara berkala, memastikan penggantian komponen kritis tepat waktu, dan mengadopsi teknologi terbaru untuk memantau kondisi tangki secara real-time. Selain itu, pelatihan dan sertifikasi untuk teknisi yang melakukan perawatan juga harus ditingkatkan agar mereka mampu mengidentifikasi dan mengatasi potensi masalah sebelum berkembang menjadi kebocoran yang berbahaya.

### **c. Kelebihan Beban**

Setiap tangki muatan kapal dirancang dengan kapasitas maksimum yang sesuai dengan standar teknik tertentu. Ketika tangki tersebut diisi melebihi batas kapasitas yang telah ditentukan, maka akan terjadi peningkatan tekanan di dalam tangki. Tekanan berlebih ini dapat menyebabkan kapalan deformasi pada dinding tangki, khususnya pada area sambungan dan sudut-sudut yang cenderung lebih rentan. Akibatnya, sambungan las atau fitting tangki dapat mengalami kegagalan struktural, yang kemudian mengakibatkan retakan atau lubang yang menjadi sumber kebocoran.

Muatan yang melebihi kapasitas tangki dapat menimbulkan



tekanan berlebih pada struktur tangki. Hal ini dapat menyebabkan kapalan deformasi dan keretakan pada dinding tangki, yang pada akhirnya mengakibatkan kebocoran. Pengoperasian kapal sesuai dengan kapasitas muat yang telah ditentukan adalah langkah penting untuk menjaga integritas tangki. Dampak dari kebocoran tangki yang disebabkan kapalan oleh kelebihan beban tidak bisa dianggap remeh. Di sektor maritim, kebocoran tangki muatan dapat menyebabkan kapalan kerugian ekonomi yang besar, pencemaran lingkungan, serta membahayakan keselamatan jiwa dan harta. Misalnya, jika tangki yang bocor tersebut berisi muatan berbahaya seperti minyak mentah atau bahan kimia, kebocoran bisa mengakibatkan tumpahan yang mencemari laut dan mengganggu ekosistem laut. Selain itu, tumpahan ini juga dapat menimbulkan biaya tinggi untuk operasi pembersihan dan pemulihan lingkungan.

Kebocoran yang terjadi di tengah operasi pelayaran juga dapat mengganggu stabilitas kapal dan menyebabkan kapalan kecelakaan laut yang lebih besar seperti tenggelamnya kapal. Selain itu, kelebihan beban sering kali mengindikasikan bahwa kapal sedang dioperasikan di luar batas desainnya, yang berarti prosedur keamanan dan pengawasan yang lebih ketat harus diterapkan. Apabila tidak ditangani dengan benar, kondisi ini bisa menyebabkan kapalan kegagalan struktural pada skala yang lebih besar, merusak integritas kapal secara keseluruhan, dan bahkan menimbulkan risiko hilangnya nyawa. Untuk mencegah kebocoran akibat kelebihan beban, operator kapal perlu memperhatikan pengisian muatan sesuai dengan kapasitas yang telah ditentukan. Penggunaan teknologi pengukuran modern seperti sensor tekanan dan perangkat pemantauan muatan yang terhubung secara otomatis bisa menjadi langkah preventif yang efektif. Selain itu, inspeksi rutin dan perawatan terhadap kondisi tangki dan struktur kapal secara keseluruhan harus dilakukan

untuk memastikan tidak ada titik lemah yang dapat memburuk akibat tekanan berlebih.

## **2. Faktor Eksternal**

Selain faktor internal, kebocoran tangki juga dapat disebabkan kapalan oleh faktor eksternal yang berada di luar kendali *crew* kapal, antara lain:

### **a. Tubrukan**

Menurut Purwanto dalam buku Aspek Hukum Pelayaran mendefinisikan tubrukan sebagai insiden di mana dua kapal bertabrakan akibat kelalaian navigasi atau pelanggaran aturan maritim. Ia menjelaskan bahwa tubrukan dapat terjadi karena kegagalan dalam pengambilan keputusan, terutama dalam kondisi cuaca yang buruk atau di area pelayaran yang sibuk. Tubrukan dengan kapal lain, benda apung, atau dermaga dapat menyebabkan kapalan kerusakan serius pada struktur tangki. Benturan keras ini dapat mengakibatkan retak atau bahkan robeknya dinding tangki, yang kemudian mengarah pada kebocoran. Insiden tubrukan sering terjadi di daerah pelabuhan yang padat atau saat cuaca buruk. Tubrukan yang terjadi pada kapal dapat disebabkan kapalan oleh berbagai faktor, seperti kesalahan manusia (*human error*), kondisi cuaca buruk, gangguan teknis pada sistem navigasi, atau manuver yang salah. Ketika kapal mengalami benturan keras, gaya yang dihasilkan dapat melebihi daya tahan material tangki, terutama pada bagian yang langsung terkena dampak tubrukan. Tubrukan dapat menyebabkan kapalan deformasi atau bahkan retakan pada dinding tangki. Deformasi ini sering terjadi pada bagian tangki yang terkena dampak langsung, dan jika tidak segera diperbaiki, retakan tersebut dapat berkembang menjadi kebocoran yang signifikan. Penanganan kebocoran tangki akibat tubrukan memerlukan tindakan yang cepat dan tepat.

## **b. Cuaca Ekstrim**

Kondisi cuaca ekstrim seperti badai, gelombang tinggi, dan angin kencang dapat menambah beban pada struktur kapal, termasuk tangki muatan. Guncangan kuat akibat cuaca buruk dapat menyebabkan kapalan kerusakan struktural yang memicu kebocoran. Faktor ini sangat sulit untuk diprediksi dan dikendalikan, sehingga kesiapan kapal dalam menghadapi kondisi cuaca ekstrim sangat penting. Salah satu dampak langsung dari cuaca ekstrem adalah peningkatan tekanan eksternal yang dialami oleh struktur tangki. Saat kapal berhadapan dengan gelombang tinggi atau angin kencang, tangki kapal akan mengalami tekanan berlebih dari luar. Gelombang yang kuat dan gerakan vertikal serta horizontal kapal akibat cuaca buruk dapat menyebabkan kapalan deformasi pada dinding tangki. Dalam kondisi yang berkelanjutan, hal ini dapat menimbulkan retakan atau keausan pada dinding tangki, yang kemudian menjadi sumber kebocoran.

Selain itu, perubahan mendadak dalam tekanan udara, yang sering kali terjadi selama badai atau siklon, juga dapat menyebabkan kapalan ketidakseimbangan tekanan dalam tangki. Jika tidak diatasi dengan baik, hal ini dapat menyebabkan kapalan tangki kehilangan integritas strukturalnya. Ketidakseimbangan tekanan ini bisa memaksa dinding tangki untuk meregang atau menyusut, yang akhirnya memicu retak atau bocor. Cuaca ekstrem, khususnya badai, sering kali menyebabkan kapalan kerusakan pada sistem penutup dan ventilasi tangki. Penutup tangki yang tidak kokoh bisa terlepas atau rusak saat diterpa angin kencang, sehingga memungkinkan masuknya air atau benda asing ke dalam tangki. Selain itu, sistem ventilasi yang berfungsi untuk mengatur tekanan dalam tangki juga rentan mengalami kerusakan akibat cuaca ekstrem. Jika ventilasi tersumbat atau rusak, tekanan di dalam tangki bisa

meningkat atau menurun drastis, yang akhirnya menyebabkan kapalan kebocoran.

Kerusakan sistem penutup dan ventilasi ini tidak hanya mengakibatkan kebocoran, tetapi juga berpotensi mencemari muatan yang ada di dalam tangki. Dalam kasus yang lebih parah, kontaminasi ini bisa mengakibatkan ledakan atau kebakaran, terutama jika muatan yang diangkut berupa bahan kimia yang mudah terbakar.

### **C. Perawatan Tangki Kapal *Tanker***

Dalam konteks operasi kapal *tanker*, perawatan tangki merupakan aspek *crew* kapal yang tidak hanya menentukan efisiensi operasional tetapi juga keselamatan dan keberlanjutan lingkungan. Tangki kapal *tanker*, yang dirancang untuk menyimpan berbagai jenis muatan mulai dari minyak hingga bahan kimia berbahaya, menghadapi berbagai tantangan operasional yang dapat mempengaruhi integritas strukturalnya. Perawatan yang tidak memadai dapat mengakibatkan kebocoran, korosi, dan kerusakan yang dapat berpotensi menimbulkan risiko besar terhadap keselamatan kapal, *crew* kapal, serta lingkungan laut yang luas. Oleh karena itu, analisis mendalam terhadap prosedur perawatan tangki kapal *tanker* menjadi sangat penting. Proses ini melibatkan evaluasi sistematis dari berbagai praktek perawatan yang diterapkan untuk memastikan bahwa tangki tetap dalam kondisi optimal, mencegah kerusakan sebelum menjadi masalah serius, serta mematuhi standar dan regulasi yang berlaku.

#### **1. Kapal *Tanker***

Pengertian kapal *tanker* menurut Prof. Dr. H. Zainal Arifin (2015:23) dalam buku —Teknik dan Management Kapal *Tanker*ll, kapal *tanker* adalah jenis kapal yang dirancang khusus untuk mengangkut muatan cair dalam jumlah besar, seperti minyak mentah, produk minyak, bahan kimia, atau gas alam cair (LNG).

Menurut Fachruddin, M. (2018:45) dalam bukunya —Teknologi Kapal *Tanker*: Teori dan Aplikasinya, kapal *tanker* didefinisikan sebagai jenis kapal yang dirancang khusus untuk mengangkut

cairan dalam jumlah besar, seperti minyak bumi, gas, atau bahan kimia. Kapal ini memiliki tangki-tangki besar yang terpasang di dalam struktur kapalnya untuk menampung dan mengangkut berbagai jenis cairan tersebut dengan aman dan efisien. Sedangkan menurut Supriyadi, B. (2017:68) dalam buku "Pengantar Teknik Perkapalan", kapal *tanker* didefinisikan sebagai jenis kapal yang dirancang khusus untuk mengangkut cairan dalam jumlah besar, seperti minyak bumi, bahan kimia, atau produk lainnya. Kapal *tanker* memiliki struktur tangki yang dibangun untuk menahan dan mengamankan kargo cair, serta dilengkapi dengan sistem pemompaan dan pipa untuk memudahkan pengisian dan pengosongan kargo. Desain kapal ini juga memperhatikan aspek keamanan dan efisiensi operasional untuk mengurangi risiko kebocoran dan kerusakan selama proses transportasi.

Kapal ini dilengkapi dengan sistem penyimpanan dan pemompaan untuk memudahkan pengisian dan pengosongan muatan. Tujuan utama dibangunnya kapal ini adalah mengirimkan muatan dari satu pelabuhan ke pelabuhan lainnya di berbagai belahan dunia. Kemudian kapal ini memiliki peran penting dalam ekonomi global dengan menghubungkan produksi dan distribusi berbagai jenis muatan cair di seluruh dunia. Akan tetapi, mengingat karakteristik muatan dan risiko lingkungan yang terkait, operasi kapal *tanker* harus dijalankan dengan sangat hati-hati dan mematuhi peraturan internasional yang ketat.

## 2. Tangki Kapal

Menurut Suprpto (2021:61) Operasional kapal di pelabuhan atau di laut, berlayar dari satu pelabuhan ke pelabuhan lain, membutuhkan banyak air, bahan bakar, minyak lumas, minyak hidrolik agar mesin dan sistem yang terkait bekerja efisien dan maksimal. Karenanya kapal dibangun dengan dilengkapi tangki-tangki sebagai tempat penampung (storage). Tipe, jumlah, lokasi dan besarnya tangki tiap kapal tidak sama. Bergantung pada beberapa faktor, yaitu:

- a. Ukuran dan jenis kapal
- b. Mesin induk, mesin bantu dan pesawat-pesawat bantu yang digunakan
- c. Daerah pelayaran

Kapal *tanker* di desain memiliki beberapa jenis tangki agar pelaksanaan operasional kapal dapat berjalan lancar. Kapal MT. Sumber rejeki 68 yang menjadi subjek penelitian ini merupakan kapal *tanker* yang memiliki beberapa tangki yaitu tangki muatan, *ballast tank*, tangki air tawar dan tangki bahan bakar.

### 3. Pencegahan Kebocoran Tangki

Menurut Ir. Bambang Riyanto (2010:89) dalam buku Teknik Perawatan Kapal dan Sistem Kelistrikan, pencegahan kebocoran pada tangki muatan dapat dilakukan melalui beberapa langkah utama, termasuk perawatan rutin, pemilihan material yang tepat, desain yang memperhatikan faktor operasional kapal, penggunaan seal berkualitas, dan pelatihan *crew* kapal. Berikut adalah pencegahan kebocoran tangki, antara lain:

#### a. Perawatan Rutin

Melakukan pemeriksaan dan perawatan tangki secara berkala untuk mendeteksi dan memperbaiki kerusakan atau keausan sebelum berkembang menjadi kebocoran. Ini termasuk pemeriksaan kondisi fisik tangki, sambungan, dan seal. Tujuan dari langkah ini adalah untuk mencegah kerusakan yang dapat menyebabkan kapal kebocoran dengan menjaga kondisi tangki dan sistem perpipaan tetap optimal. Selain itu, perawatan kapal untuk mencegah kebocoran dapat dilakukan dengan pencucian tangki. Terdapat persiapan secara teknis maupun teknis sebelum melakukan pencucian tangki. Adapun teknis yang melakukan pencucian tangka kapal dilakukan oleh orang yang berpengalaman dengan jumlah paling sedikit dua orang.

Lebih lanjut, pencucian tangki dilakukan dengan peralatan sebagai berikut:

- a) pompa cairan;
- b) kipas listrik;
- c) kompresor udara;
- d) detektor gas;
- e) pakaian tahan api dan perlengkapannya;
- f) masker gas;
- g) lampu pengaman;
- h) sepatu karet;
- i) peralatan pemadam kebakaran jinjing;
- j) alat pelokalisir minyak;
- k) bahan penyerap;
- l) cairan pengurai minyak;
- m) kapal kerja;
- n) Sarana penampung limbah.

Pencucian tangki atau *tank cleaning* idealnya dilakukan sesuai dengan *International Safety Guide For Oil Tankers and Terminals* (ISGOTT), dalam hal ini dijelaskan bahwa dalam pembersihan ruang muat terdapat beberapa langkah yang harus di ikuti, yaitu:

- a) Sebelum membersihkan dasar tangki (tank bottom) maka terlebih dahulu tangki di bilas dengan air laut dan di pompa hingga kering, sistem pipa termasuk pipa-pipa muatan.
- b) Jalur pergantian harus pula di siram dengan air yang di salurkan ke ruang muat untuk mengeluarkan air kotor, untuk memastikan sistem pipa sudah bersih, disamping itu berguna mengurangi konsentrasi gas ditangki. Sebelum mencuci ruang muat haruslah diberi ventilasi.
- c) Tangki haruslah tetap dialiri air selama proses pencucian. Pencucian tangki dapat di berhentikan untuk membebaskan pertambahan air cucian.

- d) Air cucian yang telah digunakan ulang jangan digunakan untuk pencucian tangki.
  - e) Uap gas janganlah dialirkan kedalam tangki.
- b. Pemilihan Material yang Tepat
- Menggunakan material yang tahan terhadap korosi, reaksi kimia, dan tekanan. Material seperti baja tahan karat atau komposit khusus harus dipilih untuk meningkatkan daya tahan tangki. Tujuan dari langkah ini untuk mengurangi risiko kebocoran akibat korosi atau kerusakan material yang disebabkan kapalan oleh bahan kimia atau kondisi lingkungan.
- c. Desain yang Memperhatikan Faktor Operasional
- Mendesain tangki dan sistem perpipaan dengan memperhatikan beban operasional dan tekanan yang akan diterima. Termasuk pemilihan desain dan teknik pengelasan yang sesuai dengan standar keselamatan. Tujuan dari langkah ini adalah untuk mencegah kebocoran yang disebabkan kapalan oleh tekanan berlebihan atau desain yang tidak memadai.
- d. Penggunaan Seal Berkualitas
- Memastikan bahwa semua sambungan dan seal di tangki dipasang dengan benar dan menggunakan bahan sealant yang berkualitas tinggi. Seal harus diperiksa secara rutin untuk memastikan tidak ada kebocoran pada titik-titik sambungan. Tujuan dari langkah ini adalah untuk mencegah kebocoran pada sambungan atau titik-titik yang dapat menjadi sumber kebocoran jika seal tidak berfungsi dengan baik.
- e. Pelatihan dan Edukasi *Crew* Kapal
- Memberikan pelatihan kepada *crew* kapal tentang cara mendeteksi tanda-tanda awal kebocoran, serta prosedur darurat jika kebocoran terjadi. Pelatihan ini mencakup pengetahuan tentang teknik perbaikan dan penggunaan peralatan deteksi kebocoran. Tujuan dari langkah ini adalah untuk meningkatkan kesiapan *crew* kapal dalam menangani kebocoran dengan cepat



dan efektif, serta mencegah potensi kerusakan lebih lanjut.

#### 4. Standar Perawatan Tangki

Menurut Prof. Dr. Ir. Bambang Riyanto (2010: 45), perawatan adalah kegiatan yang dilakukan untuk menjaga dan memperbaiki kondisi peralatan agar tetap berfungsi dengan baik dan aman. Menurut Hasan (2016:42), perawatan adalah proses berkelanjutan yang mencakup aktivitas pemeliharaan dan pengelolaan peralatan, dengan tujuan utama untuk memperpanjang umur pakai, mencegah kegagalan fungsi, serta meningkatkan efisiensi operasional dari suatu sistem atau alat. Perawatan yang terencana dan sistematis dapat mengurangi risiko kerusakan serta memperbaiki kinerja peralatan.

Menurut Kusnadi (2017:48), perawatan adalah kegiatan yang dilakukan secara terus-menerus untuk menjaga keandalan dan ketahanan suatu peralatan atau fasilitas. Perawatan ini melibatkan kegiatan pencegahan dan perbaikan, serta pengawasan secara berkala untuk memastikan bahwa peralatan tetap berfungsi optimal tanpa ada gangguan yang berarti. Sedangkan Dr. Susanto (2015:32) menjelaskan bahwa perawatan mencakup inspeksi, perbaikan, dan pemeliharaan untuk memastikan peralatan berfungsi dengan baik, menghindari kegagalan, dan memperpanjang usia peralatan. Perawatan Kapal adalah jenis pekerjaan yang membuat kapal agar terus berjalan dalam kondisi normal dan layak laut baik dari sisi sistem permesinan kapal dan peralatan lainnya yang terdapat di kapal. Jika sebuah kapal tidak dilakukan perawatan secara reguler maka akan berdampak kepada penurunan kondisi dan performa dari kapal itu sendiri. Jika hal tersebut terjadi maka akan berdampak kepada:

- a. Meningkatnya biaya operasional kapal
- b. Menurunnya profitabilitas perusahaan
- c. Penurunan terhadap kepuasan pelanggan
- d. Kemungkinan dampak negatif kepada lingkungan jika pemeliharaan tidak dilakukan dengan benar

Karena kapal merupakan alat transportasi yang terus berjalan dan terdapat banyak faktor lain seperti cuaca, gelombang, kualitas pemakaian dan lainnya, maka diperlukan sebuah perawatan yang harus dilakukan oleh *crew* kapal. Prosedur perawatan kapal ini harus mengacu kepada pedoman dan referensi yang berdasarkan pada *Plan Maintenance System* (PMS), Manufacturer mesin dan peralatan kapal, Pengalaman dari *Engineer*, Trend perbaikan sebelumnya, Perawatan dan pemeliharaan terhadap semua peralatan di kapal ini harus dilakukan secara reguler. Secara umum, perawatan dan pemeliharaan dapat dilakukan baik pada kondisi di laut baik dengan menaikan kapal ke dalam *dock*. Memasukan kapal ke dalam *dock* ini juga merupakan salah satu cara yang digunakan untuk merawat kapal khususnya pada bagian lambung kapal yang terus menerus terkena air yang cukup korosif dan dapat merusak. *Docking* kapal ini dapat dilakukan dalam 2,5 tahun sekali atau 5 tahun sekali sesuai dengan periodical survey yang dilakukan, Perawatan Kapal merupakan suatu hal yang penting yang perlu dilakukan oleh sebuah perusahaan (*ship owner*) demi menjaga kondisi kapal tetap baik sehingga kapal memiliki performa yang baik sesuai dengan standart yang ada, Tujuan utama kegiatan pemeliharaan untuk Perencanaan perawatan kapal harus dan dilaksanakan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan. Perawatan yang dilakukan harus sesuai dengan pedoman (ISM Code) dan mengacu kepada manufacturer (*engine maker*).

Standar perawatan tangki adalah pedoman komprehensif yang dirancang untuk memastikan bahwa tangki kapal tetap dalam kondisi optimal, aman, dan efisien selama masa operasionalnya. Perawatan tangki kapal *tanker* adalah aspek kritis dari pemeliharaan kapal, mengingat tangki sering kali digunakan untuk menyimpan bahan muatan yang berpotensi berbahaya atau korosif. Standar perawatan tangki terdiri dari:

a. Pemeriksaan Rutin dan Inspeksi

Pemeriksaan rutin adalah bagian integral dari perawatan tangki. Tujuan utamanya adalah untuk mendeteksi dan menangani masalah sebelum menjadi serius. Pemeriksaan ini sering melibatkan:

1) Inspeksi Visual

Melakukan pemeriksaan langsung pada tangki, baik dari luar maupun dari dalam, untuk mengidentifikasi kerusakan, kebocoran, atau tanda-tanda korosi. Ini termasuk memeriksa welds, sambungan, dan bagian-bagian kritis tangki.

2) Pengujian Non-Destruktif

Teknik seperti *ultrasonic*, *radiografi*, dan *magnetic particle* digunakan untuk mendeteksi cacat struktural tanpa merusak material. Pengujian ini penting untuk memastikan integritas material tangki dan mengidentifikasi korosi atau retakan yang mungkin tidak terlihat secara langsung.

b. Pembersihan dan Pengendalian Korosi

Pembersihan tangki secara rutin diperlukan untuk menghindari penumpukan residu yang dapat mengganggu operasi atau menyebabkan kontaminasi muatan. Pembersihan dilakukan dengan cara mengosongkan tangki dari semua muatan dan residu, serta membuangnya sesuai dengan regulasi lingkungan. Selain itu, pembersihan juga dilakukan menggunakan bahan kimia pembersih khusus untuk menghilangkan kotoran, minyak, atau bahan kimia yang mungkin menempel pada dinding tangki. Pengendalian korosi, melalui pelapisan dan pengecatan, juga merupakan bagian penting dari perawatan untuk melindungi tangki dari kerusakan akibat lingkungan korosif. Selain itu,

c. Pemeliharaan dan Perbaikan

Pemeliharaan preventif yang mencakup penggantian komponen yang aus dan pelumasan bagian yang bergerak

membantu mencegah terjadinya kerusakan.

d. Kepatuhan Terhadap Regulasi

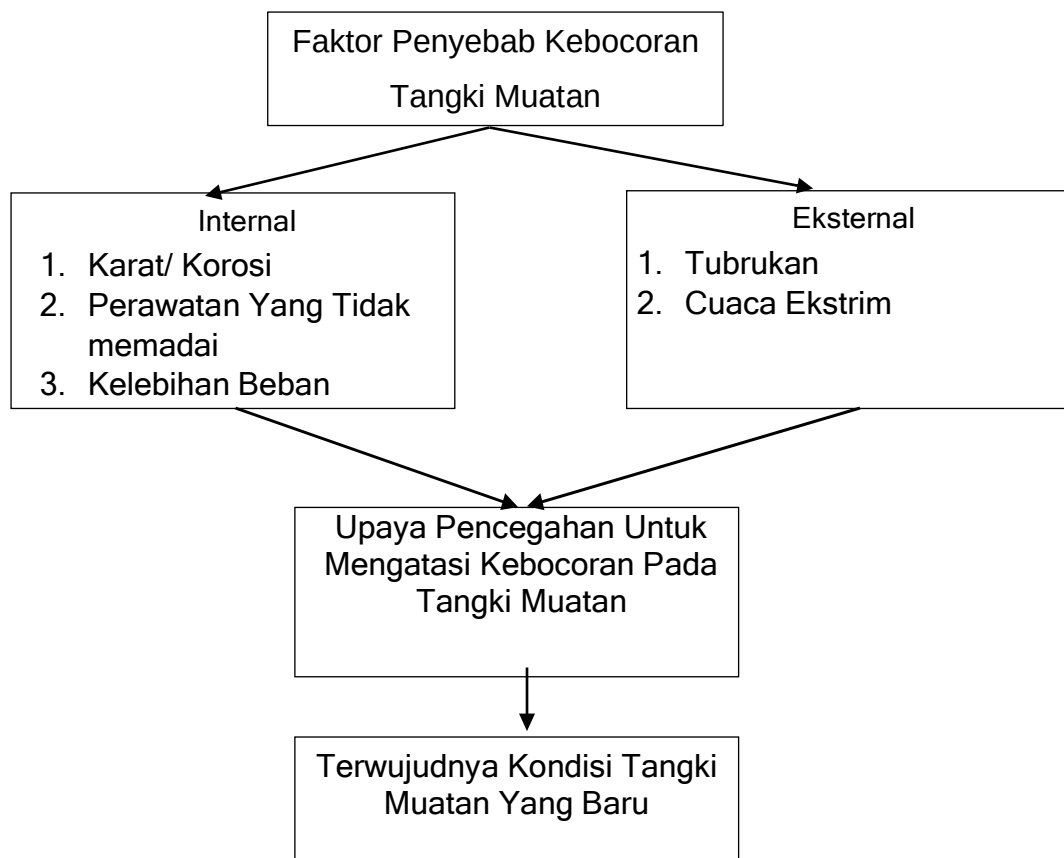
Kepatuhan terhadap regulasi internasional dan lokal, seperti standar yang ditetapkan oleh International Maritime Organization (IMO) dan badan klasifikasi, sangat penting untuk memastikan tangki memenuhi semua persyaratan keselamatan dan lingkungan.

e. Dokumentasi dan Pelaporan

Dokumentasi yang akurat dan pelaporan yang konsisten mengenai kegiatan perawatan dan inspeksi membantu dalam pemantauan kondisi tangki dan mempermudah audit serta tindakan perbaikan jika diperlukan. Dengan mengikuti standar perawatan yang ketat, risiko operasional dapat diminimalkan, dan umur tangki serta kapal secara keseluruhan dapat diperpanjang, memastikan operasional yang aman.

#### D. Model Berpikir

Gambar 2.1 Model Berpikir



#### E. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan uraian di atas maka penulis tertarik memilih pertanyaan penelitian yaitu bagaimana perawatan terhadap tangki muatan di atas kapal MT SUMBER REJEKI 68

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Jenis Penelitian**

Penelitian yang penulis lakukan adalah jenis deskriptif kualitatif, yang merupakan pendekatan penelitian yang berfokus pada interpretasi dan pemahaman data terkait dengan aspek sosial, hubungan antar variabel, pengamatan tentang kenyataan, serta dampaknya terhadap lingkungan dan sebagainya. Hasil dari penelitian deskriptif kualitatif ini adalah informasi yang bersifat empiris, berupa data faktual yang diperoleh melalui berbagai sumber, termasuk pengamatan dan observasi, dan disajikan dalam bentuk variabel seperti informasi lisan dan tulisan.

#### **B. Definisi Operasional**

Menurut Sugiyono (2019:221) definisi konsep adalah unsur penelitian yang memberitahukan bagaimana cara mengukur suatu variabel atau dengan kata lain semacam petunjuk pelaksanaan bagaimana cara mengukur suatu variabel. Berdasarkan judul skripsi penulis yaitu, Analisis penyebab terjadinya kebocoran tangki muatan pada kapal MT SUMBER REJEKI 68II maka definisi operasional yang digunakan adalah sebagai berikut :

##### **1. Kebocoran**

Menurut Sugiyono (2016:156) di dalam buku Metode Penelitian Kuantitatif bocor adalah berlubang sehingga media (air, udara, gas) dapat keluar atau masuk, dan kebocoran adalah keadaan bocor. Menurut M.D. Smith (2008:74) dalam buku *Principles of Fluid Dynamics* "Kebocoran adalah peristiwa di mana suatu cairan atau gas secara tidak sengaja keluar dari wadahnya, sering kali menyebabkan kapal mengalami kerugian atau kerusakan. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (20018:212) kebocoran berarti kena air dari sesuatu yang bocor. Kebocoran adalah suatu kondisi di mana terdapat lubang atau celah pada suatu media atau

wadah, sehingga memungkinkan air, udara, gas, atau zat lain keluar atau masuk secara tidak diinginkan. Kebocoran sering kali dapat menyebabkan kapalan kerugian atau kerusakan, baik dalam konteks fisik maupun fungsional.

## 2. Kapal *Tanker*

Pengertian kapal *tanker* menurut Prof. Dr. H. Zainal Arifin (2015:23) dalam buku Teknik dan Management Kapal *Tanker*, kapal *tanker* adalah jenis kapal yang dirancang khusus untuk mengangkut muatan cair dalam jumlah besar, seperti minyak mentah, produk minyak, bahan kimia, atau gas alam cair (LNG).

## 3. Tangki Kapal

Menurut Suprpto (2021:61) Operasional kapal di pelabuhan atau di laut, berlayar dari satu pelabuhan ke pelabuhan lain, membutuhkan banyak air, bahan bakar, minyak lumas, minyak hidrolik agar mesin dan sistem yang terkait bekerja efisien dan maksimal.

# C. Unit analisis

Menurut Sugiyono (2016:298) unit analisis adalah sesuatu yang berkaitan dengan fokus atau komponen yang di teliti. unit analisi suatu penelitian dapat berupa individu, kelompok, organisasi, benda dan waktu tertentu sesuai dengan fokus permasalahannya jadi, yang menjadi unit analisis dalam penelitian ini adalah faktor penyebab terjadinya kebocoran tangki muatan.

## 1. Faktor Internal

### a) Karat/ Korosi

Menurut Anwar (2015:45), karat atau korosi adalah proses degradasi material, terutama logam, yang disebabkan kapalan oleh reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungannya. Proses korosi ini biasanya terjadi pada material logam yang terpapar udara lembap atau zat asam, yang menyebabkan kapalan logam mengalami kerusakan struktural dan berkurang kekuatannya.

b) Perawatan Yang Tidak Memadai

Perawatan yang tidak dilakukan secara teratur dan sesuai standar dapat mempercepat kerusakan komponen tangki. Inspeksi dan perawatan rutin, termasuk pengecatan ulang dan pembersihan, sangat penting untuk mencegah terjadinya korosi dan kerusakan struktural pada tangki. Tanpa perawatan yang baik, kerentanan terhadap kebocoran akan semakin tinggi. Perawatan tangki yang tidak memadai juga berkaitan dengan kurangnya penerapan prosedur pemeliharaan yang sesuai dengan standar internasional, seperti yang diatur oleh *International Maritime Organization* (IMO).

c) Kelebihan Beban

Setiap tangki muatan kapal dirancang dengan kapasitas maksimum yang sesuai dengan standar teknik tertentu. Ketika tangki tersebut diisi melebihi batas kapasitas yang telah ditentukan, maka akan terjadi peningkatan tekanan di dalam tangki. Tekanan berlebih ini dapat menyebabkan kapal mengalami deformasi pada dinding tangki, khususnya pada area sambungan dan sudut-sudut yang cenderung lebih rentan. Akibatnya, sambungan las atau fitting tangki dapat mengalami kegagalan struktural, yang kemudian mengakibatkan retakan atau lubang yang menjadi sumber kebocoran.

2. Faktor Eksternal

a) Tubrukan

Menurut Purwanto dalam buku *Aspek Hukum Pelayaran* mendefinisikan tubrukan sebagai insiden di mana dua kapal bertabrakan akibat kelalaian navigasi atau pelanggaran aturan maritim. Ia menjelaskan bahwa tubrukan dapat terjadi karena kegagalan dalam pengambilan keputusan, terutama dalam kondisi cuaca yang buruk atau di area pelayaran yang sibuk. Tubrukan dengan kapal lain, benda apung, atau dermaga dapat menyebabkan kapal mengalami kerusakan serius pada struktur.



tangki. Benturan keras ini dapat mengakibatkan retak atau bahkan robeknya dinding tangki, yang kemudian mengarah pada kebocoran

b) Cuaca Ekstrim

Kondisi cuaca ekstrim seperti badai, gelombang tinggi, dan angin kencang dapat menambah beban pada struktur kapal, termasuk tangki muatan. Guncangan kuat akibat cuaca buruk dapat menyebabkan kapalan kerusakan struktural yang memicu kebocoran. Faktor ini sangat sulit untuk diprediksi dan dikendalikan, sehingga kesiapan kapal dalam menghadapi kondisi cuaca ekstrim sangat penting. Salah satu dampak langsung dari cuaca ekstrem adalah peningkatan tekanan eksternal yang dialami oleh struktur tangki

**D. Teknik Pengumpulan Data/Informasi**

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dilakukan dengan beberapa cara, berikut uraiannya:

1. Pengamatan (Observasi)

Metode penelitian observasi adalah pendekatan penelitian yang melibatkan pengamatan langsung terhadap perilaku, kejadian, atau fenomena yang diteliti. Dalam metode observasi, peneliti secara sistematis mengamati dan merekam data mengenai apa yang terjadi di lingkungan atau situasi yang sedang diamati, tanpa melakukan intervensi atau pengaruh langsung terhadap subjek atau objek penelitian.

2. Interview (wawancara)

Menurut sugiono (2018:140) wawancara adalah percakapan dengan maksud tertentu yang dilakukan oleh dua pihak yaitu pewawancara (interview) sebagai pemberi pertanyaan dan informan untuk memberikan jawaban atas pertanyaan yang diberikan dalam subjek penelitian ini. wawancara dilakukan dengan Nahkoda atau *Chief Officer* wawancara merupakan teknik dalam pengumpulan data yang dilakukan melalui tatap

muka dan tanya jawab secara langsung antara pengumpulan data dan juga penulis terhadap nara sumber atau sumber data.

### 3. Teknik dokumentasi

Teknik dokumentasi adalah pengumpulan data dan informasi dari sumber-sumber tertulis, seperti dokumen, arsip, catatan, laporan, surat, buku, artikel, dan materi lainnya yang relevan dengan penelitian yang sedang dilakukan. Dalam teknik dokumentasi, peneliti mengumpulkan data dengan memeriksa, menganalisis, dan mencatat informasi yang terdapat dalam dokumen-dokumen yang relevan. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan dokumentasi berupa gambar yang diperoleh saat terjadi kebocoran pada kapal MT.SUMBER REJEKI 68

### E. Teknik Analisis Data

Menurut Sugiyono (2020:131) teknik analisis data adalah proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari hasil wawancara, catatan lapangan, dan dokumentasi dengan cara mengorganisasikan data ke dalam kategori, menjabarkan ke dalam unit-unit, melakukan sintesa, menyusun ke dalam pola, memilih mana yang penting dan yang akan dipelajari, dan membuat kesimpulan sehingga mudah dipahami oleh diri sendiri maupun orang lain. Menurut Miles dan Huberman dalam Sugiyono (2020:133) mengemukakan bahwa aktivitas dalam analisis data kualitatif dilakukan secara interaktif dan berlangsung secara terus menerus sampai tuntas, sehingga datanya sudah jenuh.

Metode analisis data yang penulis gunakan adalah deskriptif kualitatif artinya penulis menggunakan analisis data tanpa perhitungan yang dapat digunakan untuk mengolah data dan mendeskripsikan data dalam bentuk tampilan data yang lebih bermakna dan lebih mudah dipahami orang lain. Analisis deskriptif dilakukan untuk memperoleh gambaran mengenai hal-hal yang berkaitan dengan materi pembahasan Skripsi ini. Dalam penelitian ini penulis menganalisa data yang berupa kata-kata, kalimat yang didapat dari wawancara, catatan lapangan, dan dokumen yang dapat mendukung penelitian.

Setelah seluruh data yang diperoleh dari hasil wawancara, dan pengamatan kita pelajari, kita perlu mengadakan *reduksi* data yaitu suatu usaha untuk membuat rangkuman dan memilih hal-hal yang secara pokok serta memfokuskan hal-hal yang penting dari hasil wawancara, observasi atau pengamatan.

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 kita lebih mudah dalam membuat kesimpulan.