

**OPTIMALISASI RUANG MUAT GUNA MENGURANGI  
DAMPAK *HOGGING* DAN *SAGGING***



**AZIYU MARDI AZRA**

**NIT. 21.41.114**

**NAUTIKA**

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

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Nama : AZIYU MARDI AZRA  
NIT : 21.41.114  
Program Studi : NAUTIKA

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

### **OPTIMALISASI RUANG MUAT GUNA MENGURANGI DAMPAK *HOGGING* DAN *SAGGING***

Merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam skripsi ini yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide yang saya susun sendiri.

Jika pernyataan diatas terbukti sebaliknya, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Makassar, 10 OKTOBER 2025



AZIYU MARDI AZRA

NIT: 21.41.114

**OPTIMALISASI RUANG MUAT GUNA MENGURANGI  
DAMPAK *HOGGING* DAN *SAGGING***

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan  
Program Pendidikan Diploma IV Pelayaran

Program Studi Nautika

Disusun dan Diajukan oleh

AZIYU MARDI AZRA

NIT. 21.41.114

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

## SKRIPSI

# OPTIMALISASI RUANG MUAT GUNA MENGURANGI DAMPAK *HOGGING* DAN *SAGGING*

Disusun dan Diajukan oleh:

AZIYU MARDI AZRA

NIT. 21.41.114

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Skripsi  
Pada tanggal 10 OKTOBER 2025

Menyetujui:

Pembimbing I

Pembimbing II



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




Resky Irfanita, S.Si.,M.Si  
NIP.

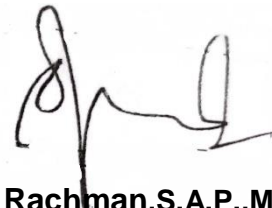
Mengetahui:

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

Ketua Program Studi Nautika



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



Subehana Rachman, S.A.P.,M.Adm.S.D.A  
NIP. 19780908 200502 2 001

## PRAKATA

Alhamdulillah, saya bersyukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan Skripsi dengan judul "OPTIMALISASI RUANG MUAT GUNA MENGURANGI DAMPAK *HOGGING* DAN *SAGGING*". Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan Diploma IV Perkapalan di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Selama proses penulisan Skripsi ini, saya menghadapi berbagai kendala, namun berkat bimbingan, arahan, dan kerjasama dari berbagai pihak, baik secara moral maupun materi, saya berhasil menyelesaikan Skripsi ini. Saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada kedua orang tua saya, yang telah memberikan kasih sayang, cinta, doa, perhatian, serta dukungan moral dan materi selama ini. Saya berharap dapat menjadi anak yang dapat membanggakan mereka dan meningkatkan derajat keluarga kami.

1. Terima kasih kepada Bapak Capt. Rudy Susanto, M. Pd yang menjabat sebagai Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Juga kepada Ibu Subehana Rachman, M.Adm.S.D.A yang menjadi Ketua Jurusan Nautika di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
3. Terima kasih kepada Ibu Haerani Asri, S.Si.T., M.T. yang telah menjadi Pembimbing 1.
4. Begitu juga kepada Ibu Resky Irfanita, S.Si.,M.Si yang telah menjadi Pembimbing 2.
5. Serta kepada seluruh anggota akademik Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
6. Juga kepada Chief Engineer, Kapten, Masinis II, III, IV, dan seluruh kru kapal MV. Manalagi Asti.

Harapannya adalah agar semua kritik dan saran yang membangun akan saya terima dengan baik, sehingga pengetahuan saya di bidang Navigasi dan Pengoperasian Kapal dapat terus meningkat. Semoga tulisan dalam tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, wawasan, serta inspirasi bagi para Taruna-Taruni Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar dan pembaca pada umumnya.

Makassar, 10 OKTOBER 2025

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'A' followed by 'm' and 'a'.

AZIYU MARDI AZRA

NIT. 21.41.114

## ABSTRAK

AZIYU MARDI AZRA 2025, Optimalisasi Ruang Muat Guna Mengurangi Dampak *Hogging* dan *Sagging* (dibimbing oleh Haerani Asri dan Rezky Irfanita)

Kapal *Bulk Carrier* merupakan kapal yang dirancang untuk mengangkut muatan curah dalam jumlah besar, seperti batu bara. Namun, dalam pengoperasiannya, distribusi muatan yang tidak merata dapat menimbulkan permasalahan stabilitas kapal, seperti *hogging* dan *sagging*, yang berdampak pada keselamatan dan efisiensi operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola distribusi muatan batu bara terhadap risiko *hogging* dan *sagging* pada kapal MV. MANALAGI ASTI serta merumuskan strategi pengaturan muatan yang optimal.

Penelitian dilaksanakan selama praktik kerja laut (PRALA) dari 15 Desember 2023 hingga 5 Januari 2025 di kapal MV. MANALAGI ASTI saat melakukan pemuatan batu bara di Loading Point Bunati, Kalimantan. Pemuatan dilakukan menggunakan metode *floating crane*, yang memungkinkan pengamatan langsung terhadap distribusi muatan pada lima palka kapal. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan, wawancara, dokumentasi, serta *draft survey* untuk memantau perubahan *trim* dan keseimbangan kapal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi muatan yang tidak merata menyebabkan ketidakseimbangan kapal dan meningkatkan risiko *hogging* dan *sagging*. Solusi optimal yang diterapkan meliputi *trimming*, redistribusi muatan, serta pengaturan *ballast tank*. Strategi ini terbukti efektif menstabilkan *trim* kapal dan menurunkan tekanan pada struktur lambung. Penelitian ini merekomendasikan perencanaan stowage plan yang cermat dan pemantauan stabilitas kapal secara berkala.

**Kata kunci:** distribusi muatan, *hogging* dan *sagging*, kapal *bulk carrier*.

## ABSTRACT

AZIYU MARDI AZRA 2025, Optimization of Cargo Hold to Reduce the Impact of *Hogging* dan *Sagging* (supervised by Haerani Asri and Rezky Irfanita)

Bulk carriers are ships designed to transport large quantities of bulk cargo, such as coal. However, during operation, uneven cargo distribution can lead to stability issues such as *hogging* and *sagging*, which affect the safety and operational efficiency of the vessel. This study aims to analyze the cargo distribution pattern of coal and its impact on the risks of *hogging* and *sagging* on the MV. MANALAGI ASTI, as well as to formulate optimal cargo distribution strategies.

The research was conducted during the sea training program (PRALA) from December 15, 2023, to January 5, 2025, on board the MV. MANALAGI ASTI while loading coal at the Bunati Loading Point, Kalimantan. Loading was carried out using the floating crane method, allowing for direct observation of the cargo distribution across the ship's five cargo holds. Data were collected through field observation, interviews, documentation, and draft surveys to monitor *trim* changes and vessel balance.

The study found that uneven cargo distribution caused imbalance and increased the risk of *hogging* and *sagging*. Optimal solutions included *trimming*, cargo redistribution, and ballast *tank* adjustments. These strategies proved effective in stabilizing the ship's *trim* and reducing structural stress. The study recommends careful stowage planning and regular monitoring of vessel stability.

Keywords: *bulk carrier ship, cargo distribution, hogging and sagging.*

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Tinjauan Pustaka	5
1. <i>Hogging dan Sagging</i>	5
2. Muatan Kapal	10
3. Prinsip-Prinsip Pemuatan Kapal	14
4. Muatan Batu Bara	22
B. Kerangka Pikir	28
BAB III METODE PENELITIAN	29
A. Jenis Penelitian	29
B. Definisi Operasional Variabel	29
C. Teknik Pengumpulan Data	30
D. Teknik Analisis Data	31

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	33
A. Hasil Penelitian	33
B. Pembahasan	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	50
A. Kesimpulan	50
B. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	54
RIWAYAT HIDUP	60

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 <i>Ship Hogging Condition</i>	5
Gambar 2. 2 <i>Ship Sagging Condition</i>	6
Gambar 2. 3 Kerangka Pikir Penelitian	28
Gambar 4. 1 <i>Stowage Plan</i>	35
Gambar 4. 2 Proses Pemuatan	36
Gambar 4. 3 draft tengah yang menunjukkan 14,5	38
Gambar 4. 4 draft tengah yang menunjukkan 13,63	39
Gambar 4. 5 Pelaksanaan <i>Trimming</i> Muatan	49

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Perbandingan Kondisi <i>Hogging</i> dan <i>Sagging</i>	7
Tabel 4. 1 <i>Ship Particular</i>	33
Tabel 4. 2 <i>Draft</i> Kapal Sebelum dan Sesudah <i>Trimming</i>	40
Tabel 4. 3 Tugas Muallim saat Muat	41

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Kapal MV. Manalagi Asti.....	54
Lampiran 2 <i>Crew List</i> MV. Manalagi Asti.....	55
Lampiran 3 <i>Ship Particular</i> MV. Manalagi Asti .....	56
Lampiran 4 <i>Stowage plan</i> .....	57
Lampiran 5 Penurunan Alat Berat untuk <i>Trimming</i> .....	58
Lampiran 6 Proses <i>Trimming</i> Muatan .....	59

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Kapal *Bulk Carrier* merupakan salah satu jenis kapal yang berfungsi untuk mengangkut muatan curah dalam jumlah besar, seperti batu bara, bijih besi, dan *gandum*. Kapal ini dirancang dengan beberapa palka yang memungkinkan muatan ditampung dalam jumlah yang besar dan tetap aman selama pelayaran. Namun, dalam pengoperasiannya, terdapat tantangan yang harus diperhatikan, salah satunya adalah stabilitas kapal akibat distribusi muatan yang tidak merata. Ketidakseimbangan dalam pemuatan dapat menyebabkan masalah struktural, seperti *hogging* dan *sagging*, yang dapat berdampak pada keselamatan kapal dan kru yang berada di atasnya.

*Hogging* terjadi ketika bagian tengah kapal mengalami gaya ke atas, sedangkan haluan dan buritan mengalami gaya ke bawah. Sebaliknya, *sagging* terjadi ketika bagian tengah kapal turun akibat muatan yang terlalu terkonsentrasi di tengah, sementara bagian haluan dan buritan tetap berada di posisi yang lebih tinggi (Bharata, N. 2021). Kondisi ini dapat meningkatkan tegangan pada struktur lambung kapal dan berisiko menyebabkan deformasi atau bahkan kerusakan permanen pada kapal. Oleh karena itu, pengaturan distribusi muatan yang optimal menjadi faktor utama dalam menjaga stabilitas kapal *Bulk Carrier*.

Salah satu kapal *Bulk Carrier* yang beroperasi untuk mengangkut batu bara adalah MV. MANALAGI ASTI, yang memiliki lima palka sebagai ruang muat utama. Kapal ini melakukan pemuatan batu bara di Loading Point Bunati, Kalimantan, dengan menggunakan metode *floating crane*, di mana batu bara dipindahkan dari tongkang ke kapal. Proses ini memerlukan pengawasan yang ketat karena pola pemuatan yang tidak tepat dapat menyebabkan kapal mengalami perubahan *trim* yang signifikan, sehingga meningkatkan risiko *hogging* dan *sagging*.

Dalam praktiknya, strategi pemuatan sangat bergantung pada kapasitas masing-masing palka dan metode yang digunakan selama pemuatan. Jika kapal dimuat secara tidak seimbang, dapat terjadi perubahan *trim* dan *draft* yang tidak diinginkan, yang berpotensi mengurangi efisiensi operasi kapal dan meningkatkan konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu, pemanfaatan ruang muat harus direncanakan dengan cermat agar kapal tetap dalam kondisi yang aman selama pemuatan dan pelayaran.

Selain itu, pemuatan yang tidak optimal juga dapat berdampak pada operasional kapal secara keseluruhan. Jika kapal mengalami tegangan berlebih pada lambungnya, hal ini dapat memperpendek umur kapal dan meningkatkan biaya perawatan. Di sisi lain, jika muatan tidak didistribusikan dengan baik, dapat terjadi ketidakseimbangan yang menyebabkan kapal lebih sulit dikendalikan saat berlayar. Oleh sebab itu, diperlukan analisis mendalam mengenai distribusi muatan guna menghindari dampak negatif yang ditimbulkan oleh *hogging* dan *sagging*.

Dengan adanya permasalahan ini, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola distribusi muatan yang optimal pada MV. MANALAGI ASTI guna mengurangi dampak *hogging* dan *sagging*. Analisis akan dilakukan berdasarkan pengamatan langsung di lapangan serta perhitungan teknis untuk mengetahui bagaimana distribusi muatan yang ideal guna menjaga keseimbangan kapal selama pemuatan berlangsung.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan strategi pemuatan yang lebih efektif sehingga dapat meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional kapal. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi acuan bagi perusahaan pelayaran serta awak kapal dalam mengelola distribusi muatan secara lebih baik guna menghindari risiko yang ditimbulkan oleh ketidakseimbangan kapal.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaturan distribusi muatan yang mempengaruhi terjadinya *hogging* dan *sagging* pada kapal MV. MANALAGI ASTI?
2. Upaya apa saja yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan distribusi muatan guna mengurangi dampak *hogging* dan *sagging* pada kapal MV. MANALAGI ASTI?

## **C. Batasan Masalah**

Agar penelitian lebih terfokus dan sesuai dengan ruang lingkup yang ditetapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Penelitian hanya menganalisis pengaturan distribusi muatan batu bara pada kapal MV. MANALAGI ASTI saat proses pemuatan di *Loading Point* Bunati, Kalimantan dan Fokus penelitian terbatas pada pengaruh distribusi muatan terhadap *hogging* dan *sagging*.

## **D. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis bagaimana pengaturan distribusi muatan batu bara pada kapal MV. MANALAGI ASTI dapat mempengaruhi terjadinya *hogging* dan *sagging*.
2. Menentukan strategi optimal dalam pengaturan muatan guna mengurangi dampak *hogging* dan *sagging* pada kapal MV. MANALAGI ASTI selama proses pemuatan.

## E. Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini, penulis berharap akan mencapai beberapa manfaat, yaitu:

### 1. Manfaat Teoritis:

- a. Menambah wawasan akademik mengenai hubungan antara distribusi muatan dengan kestabilan kapal *Bulk Carrier*, khususnya dalam mengurangi risiko *hogging* dan *sagging*.
- b. Dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya terkait manajemen muatan dan stabilitas kapal selama proses pemuatan.

### 2. Manfaat Praktis:

- a. Memberikan rekomendasi dalam pengelolaan pemuatan batu bara agar kapal tetap dalam kondisi stabil dan aman.
- b. Menjadi *panduan* bagi perwira dek dan *Crew* dalam mengatur distribusi muatan yang optimal guna menghindari *hogging* dan *sagging*.
- c. Memberikan pengalaman langsung dalam menganalisis pengaturan muatan di lapangan dan menerapkan konsep stabilitas kapal dalam situasi nyata.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Tinjauan Pustaka

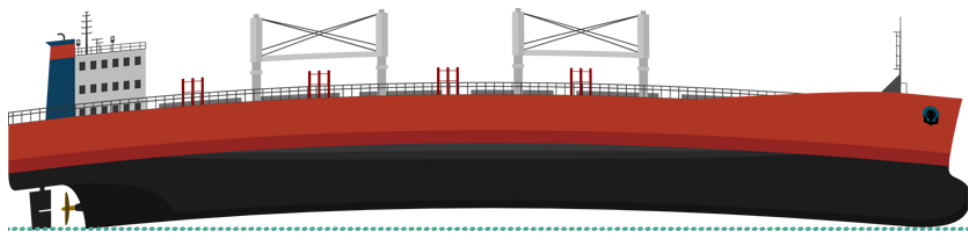
##### 1. *Hogging* dan *Sagging*

*Hogging* dan *sagging* adalah fenomena deformasi yang terjadi pada badan kapal akibat distribusi beban yang tidak merata atau dampak dari gaya eksternal seperti gelombang laut. Kedua kondisi ini dapat menyebabkan tekanan berlebih pada struktur kapal dan berisiko menimbulkan kerusakan jika tidak ditangani dengan baik (Bharata, N. 2021).

##### a. Pengertian *Hogging*

*Hogging* adalah kondisi di mana bagian tengah kapal mengalami gaya ke atas, sedangkan bagian haluan (depan) dan buritan (belakang) mengalami gaya ke bawah. Hal ini menyebabkan kapal melengkung ke atas di bagian tengahnya, menyerupai bentuk huruf "n".

Gambar 2. 1 *Ship Hogging Condition*



Sumber: (Bharata, N. 2021)

Faktor-faktor yang menyebabkan *hogging*:

- 1) Distribusi muatan yang tidak merata: Jika muatan lebih banyak ditempatkan di bagian depan dan belakang kapal dibandingkan bagian tengahnya, maka tekanan pada struktur kapal menjadi

- 2) tidak seimbang.
- 3) Gelombang laut: *Hogging* sering terjadi ketika kapal berada di puncak gelombang besar di bagian tengahnya, sementara haluan dan buritan berada di palung gelombang.
- 4) Kekuatan struktural kapal: Kapal dengan struktur yang lebih panjang cenderung lebih rentan terhadap *hogging* dibandingkan kapal yang lebih pendek.

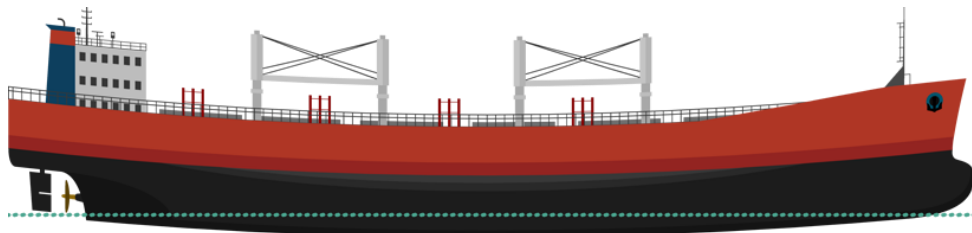
Dampak *hogging* terhadap kapal:

- 1) Tekanan tarik pada bagian bawah kapal dan tekanan tekan pada bagian dek kapal.
- 2) Risiko retak atau kegagalan struktural pada bagian tengah kapal akibat beban yang tidak seimbang.
- 3) Berkurangnya efisiensi operasional kapal akibat deformasi yang terjadi pada badan kapal.

b. Pengertian *Sagging*

*Sagging* adalah kondisi kebalikan dari *hogging*, di mana bagian tengah kapal mengalami gaya ke bawah, sedangkan bagian haluan dan buritan mengalami gaya ke atas. Kondisi ini menyebabkan kapal melengkung ke bawah di bagian tengahnya, menyerupai bentuk huruf "U".

Gambar 2. 2 *Ship Sagging Condition*



Sumber: (Bharata, N. 2021)

Faktor-faktor yang menyebabkan *sagging*:

- 1) Distribusi muatan yang berlebihan di tengah kapal: Jika sebagian besar muatan ditempatkan di bagian tengah kapal tanpa memperhatikan keseimbangan distribusi berat, maka *sagging* dapat terjadi.
- 2) Pengaruh gelombang laut: *Sagging* sering terjadi ketika bagian tengah kapal berada di palung gelombang, sementara haluan dan buritan berada di puncak gelombang.
- 3) Lama waktu kapal beroperasi dalam kondisi beban berat: Jika kapal sering mengalami kondisi ini, maka kemungkinan terjadi kelelahan material (*fatigue*) pada struktur kapal meningkat.

Dampak *sagging* terhadap kapal:

- 1) Tekanan tarik yang besar pada bagian dek kapal dan tekanan tekan pada bagian bawah kapal.
- 2) Risiko deformasi permanen jika kapal sering mengalami kondisi *sagging* secara berulang.
- 3) Berkurangnya umur pakai kapal akibat tegangan berulang yang dapat menyebabkan retak struktural.

c. Perbedaan *Hogging* dan *Sagging*

Tabel 2. 1 Perbandingan Kondisi *Hogging* dan *Sagging*

<b>Aspek</b>	<b><i>Hogging</i></b>	<b><i>Sagging</i></b>
Bentuk deformasi	Bagian tengah kapal melengkung ke atas, sedangkan haluan dan buritan ke bawah.	Bagian tengah kapal melengkung ke bawah, sedangkan haluan dan buritan ke atas.
Penyebab utama	Beban lebih banyak di haluan dan buritan atau gelombang besar di tengah kapal.	Beban lebih banyak di tengah kapal atau gelombang besar di haluan dan buritan.
Dampak struktural	Tekanan tarik pada bagian bawah kapal, tekanan tekan pada dek kapal.	Tekanan tarik pada dek kapal, tekanan tekan pada bagian bawah kapal.

Sumber: (Imawan Arip, dkk. 2021)

d. Pencegahan *Hogging* dan *Sagging*

Untuk menghindari dampak negatif dari *hogging* dan *sagging*, beberapa langkah pencegahan dapat dilakukan Imawan Arip, dkk. (2021), antara lain:

- 1) Perencanaan distribusi muatan yang optimal
  - a) Muatan harus didistribusikan secara merata untuk menjaga keseimbangan kapal.
  - b) Menggunakan perhitungan stabilitas dan software perencanaan pemuatan untuk mencegah beban berlebih pada bagian tertentu.
- 2) Penggunaan sistem *ballast*
  - a) Sistem *ballast* dapat digunakan untuk menyesuaikan keseimbangan kapal dengan mengatur jumlah air *ballast* di tangki kapal.
  - b) *Ballast* harus ditempatkan secara strategis untuk menyeimbangkan tekanan pada struktur kapal.
- 3) Pemantauan kondisi laut dan penyesuaian navigasi
  - a) Saat berlayar di laut dengan gelombang tinggi, kapten kapal harus menyesuaikan jalur navigasi agar kapal tidak terus-menerus mengalami *hogging* atau *sagging*.
  - b) Jika memungkinkan, kapal dapat diarahkan pada sudut tertentu terhadap gelombang untuk mengurangi dampak tekanan pada struktur kapal.
- 4) Perawatan dan inspeksi rutin pada struktur kapal
  - a) Melakukan inspeksi berkala terhadap kekuatan dan fleksibilitas struktur kapal untuk mengidentifikasi potensi kerusakan akibat tegangan berulang.
  - b) Menggunakan material dengan kekuatan tinggi pada bagian dek dan bagian bawah kapal untuk mengurangi risiko retak akibat *hogging* dan *sagging*.

e. Studi Terkait tentang *Hogging* dan *Sagging*

Beberapa penelitian dalam lima tahun terakhir telah membahas dampak *hogging* dan *sagging* terhadap struktur kapal serta strategi pencegahannya:

- 1) Penelitian oleh Alamsyah, (2021), membahas pengaruh distribusi muatan terhadap kestabilan kapal dan bagaimana desain struktur kapal dapat diperbaiki untuk mengurangi risiko *hogging* dan *sagging*.
- 2) Studi dari Febriani, F. (2024), meneliti penggunaan teknologi pemantauan deformasi kapal secara real-time untuk mendeteksi kondisi *hogging* dan *sagging* serta memberikan rekomendasi penyesuaian muatan secara otomatis.
- 3) Penelitian oleh Wulandari, A. I. (2021), mengkaji bagaimana gelombang ekstrem dapat meningkatkan risiko *hogging* dan *sagging* serta bagaimana teknik rekayasa struktural dapat diterapkan untuk mengatasi masalah ini di kapal-kapal besar.

*Hogging* dan *sagging* merupakan fenomena yang dapat memengaruhi kestabilan dan keamanan kapal saat berlayar. Jika tidak ditangani dengan baik, kondisi ini dapat menyebabkan deformasi permanen pada struktur kapal, meningkatkan risiko kecelakaan, dan memperpendek umur kapal (Watson, D. G. M., 2021). Oleh karena itu, distribusi muatan yang optimal, penggunaan sistem *ballast* yang efisien, serta pemantauan kondisi laut menjadi faktor utama dalam mengatasi dampak *hogging* dan *sagging*.

Dengan pemahaman yang lebih baik tentang kedua fenomena ini, operator kapal dan insinyur kelautan dapat mengimplementasikan strategi yang lebih efektif untuk menjaga kestabilan dan keamanan kapal selama operasionalnya.

## 2. Muatan Kapal

Muatan kapal adalah barang atau kargo yang diangkut oleh kapal dari satu pelabuhan ke pelabuhan lainnya untuk keperluan perdagangan atau distribusi logistik. Muatan ini bisa berupa bahan baku, barang setengah jadi, atau barang jadi yang dikirim melalui jalur laut. Menurut Shidiq, M. A. (2023), muatan kapal memainkan peran penting dalam rantai logistik global, karena lebih dari 80% perdagangan dunia dilakukan melalui transportasi laut.

Berdasarkan IMO (2020) dalam IMSBC Code *and* Supplement 2020 Edition, muatan kapal harus ditangani dengan benar untuk memastikan keselamatan kapal, awak kapal, dan lingkungan laut. Proses pemuatan dan pembongkaran juga mempengaruhi efisiensi operasional serta stabilitas kapal selama pelayaran.

### a. Jenis-Jenis Muatan Kapal

Muatan kapal dapat dikategorikan berdasarkan bentuk fisiknya, metode penyimpanan, dan karakteristiknya. Berikut adalah beberapa jenis muatan utama yang biasa diangkut oleh kapal:

#### 1) Muatan Curah (*Bulk Cargo*)

Muatan curah adalah muatan yang tidak dikemas dan diangkut dalam jumlah besar secara langsung di dalam palka kapal. Jenis muatan ini terbagi menjadi dua kategori utama:

#### 2) Muatan Curah Kering (*Dry Bulk Cargo*)

a) Contoh: Batu bara, bijih besi, semen, *gandum*, gula, dan bahan mentah lainnya.

b) Biasanya diangkut menggunakan kapal *Bulk Carrier*.

c) Memerlukan prosedur khusus dalam pemuatan dan pembongkaran untuk mencegah kontaminasi dan penyumbatan.

#### 3) Muatan Curah Cair (*Liquid Bulk Cargo*)

a) Contoh: Minyak mentah, gas alam cair (LNG), minyak kelapa sawit, bahan kimia cair.

- b) Diangkut dengan kapal *tanker* yang dilengkapi dengan tangki khusus untuk menjaga suhu dan tekanan muatan.
- c) Pengangkutan bahan berbahaya harus mematuhi regulasi seperti MARPOL (*Marine Pollution Convention*) dan SOLAS (*Safety of Life at Sea*).

#### 4) Muatan Peti Kemas (*Containerized Cargo*)

Muatan peti kemas adalah muatan yang dikemas dalam kontainer *standar* dengan ukuran tertentu, seperti 20 feet (TEU) atau 40 feet (FEU). Muatan ini biasanya mencakup:

- a) Barang elektronik
- b) Pakaian dan tekstil
- c) Produk makanan dan minuman
- d) Mesin dan peralatan industri

Peti kemas mempermudah proses bongkar muat dan meningkatkan efisiensi transportasi multimoda, karena dapat dipindahkan langsung ke truk atau kereta api tanpa perlu pembongkaran ulang (Notteboom dan Rodrigue, 2021).

#### 5) Muatan Umum (*General Cargo*)

Muatan umum mencakup berbagai jenis barang yang tidak dikategorikan sebagai curah atau peti kemas. Contohnya termasuk:

- a) Kendaraan bermotor (diangkut dengan kapal Ro-Ro atau Roll-on/Roll-off)
- b) Mesin berat dan peralatan konstruksi
- c) Barang proyek, seperti komponen turbin angin atau peralatan minyak dan gas
- d) Muatan Berbahaya (*Dangerous Goods*)

Muatan ini mencakup bahan yang dapat menimbulkan risiko terhadap keselamatan kapal dan lingkungan laut. Berdasarkan kode IMDG (*International Maritime Dangerous Goods*), muatan berbahaya diklasifikasikan menjadi beberapa

kategori, seperti bahan peledak, gas bertekanan, bahan korosif, dan bahan radioaktif.

#### b. Proses Pemuatan dan Pembongkaran Muatan

Proses pemuatan dan pembongkaran sangat penting dalam pengelolaan muatan kapal. Kesalahan dalam prosedur ini dapat menyebabkan kerusakan barang, ketidakseimbangan kapal, bahkan kecelakaan laut. Prosedur pemuatan melibatkan beberapa tahapan berikut:

##### 1) Perencanaan Pemuatan

Sebelum muatan dimasukkan ke kapal, perlu dilakukan perencanaan yang mencakup:

- a) Distribusi berat yang merata untuk menjaga stabilitas kapal.
- b) Perhitungan kapasitas palka dan tangki untuk menghindari overloading.
- c) Keamanan muatan dengan menggunakan peralatan pengaman seperti *lashing* dan *dunnage*.

##### 2) Proses Pemuatan

Selama pemuatan, beberapa hal harus diperhatikan:

- a) Penggunaan alat bongkar muat yang sesuai, seperti *crane*, *conveyor*, atau pompa untuk muatan cair.
- b) Pemuatan berurutan untuk mencegah terjadinya *hogging* dan *sagging*.
- c) Pengecekan dan dokumentasi untuk memastikan semua muatan sesuai dengan manifest kapal.

##### 3) Pembongkaran Muatan

Saat kapal tiba di pelabuhan tujuan, muatan harus dibongkar dengan cara yang aman dan efisien. Teknologi seperti *automated container handling* di pelabuhan modern telah meningkatkan kecepatan bongkar muat, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan keamanan kerja (Bichou, 2020).