

ANALISIS PENYEBAB BROKEN STOWAGE PADA PEMUATAN BATUBARA DI MV. AMANAH MOROWALI AMC



Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Pendidikan dan Pelatihan Pelaut (DP) Tingkat I

WEDA AGUNG CHRISTYAN WIJAYA

NIS. 25.07.101.031

AHLI NAUTIKA TINGKAT I

PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT I
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama: WEDA AGUNG CHRISTYAN WIJAYA

Nomor Induk Siswa : 25.07.101.031

Program Pelatihan : Ahli Nautika Tingkat I

Menyatakan bahwa KIT dengan judul:

**ANALISIS PENYEBAB BROKEN STOWAGE PADA
PEMUATAN BATUBARA DI MV. AMANAH MOROWALI AMC**

merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide sendiri.

Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Makassar

Makassar, 25 Agustus 2025



WEDA AGUNG CHRISTYAN WIJAYA

NIS 25.07.101.031

**PERSETUJUAN SEMINAR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : **ANALISIS PENYEBAB BROKEN STOWAGE
PADA PEMUATAN BATU BARA DI MV.
AMANAH MOROWALI AMC**

Nama : Weda Agung Christyan Wijaya

NIS : 25.07.101.031

Program Diklat : Ahli Nautika Tingkat I

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk di seminarkan

Makassar, 25 Agustus 2025

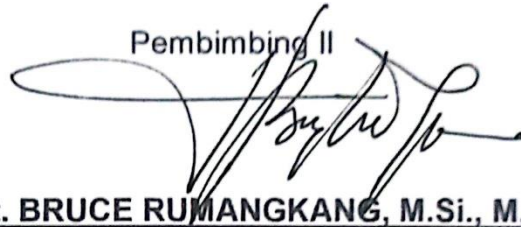
Persetujuan

Pembimbing I



Capt. SULTAN, M.M., M.Mar
NIP. 19680202 200212 1 001

Pembimbing II



Capt. BRUCE RUMANGKANG, M.Si., M.Mar

Mengetahui
Manajer Diklat



Ir. SUYUTI, M.Si., M.Mar.E
NIP. 19680508 200212 1 002

ANALISIS PENYEBAB BROKEN STOWAGE PADA PEMUATAN BATUBARA DI MV. AMANAH MOROWALI AMC

Disusun dan Diajukan Oleh:

Weda Agung Christyan Wijaya
25.07.101.031

Telah dipresentasikan di depan panitia seminar Ujian KIT
Pada Tanggal 27 Agustus 2025

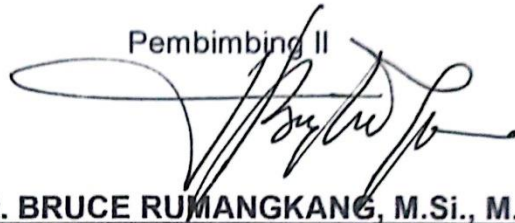
Menyetujui,

Pembimbing I



Capt. SULTAN, M.M., M.Mar
NIP.19680202 200212 1 001

Pembimbing II



Capt. BRUCE RUMANGKANG, M.Si., M.Mar

Mengetahui

a.n Direktur

Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar



Capt. FAISAL SARANSI, M.T., M.Mar
NIP. 19750329 199903 1 002

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan anugerah-nya sehingga dengan keterbasan-keterbasan yang ada penulis dapat menyelesaikan penulisan KIT ini sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program Nautika DP-1 Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, dengan judul “Analisis Penyebab *Broken Stowage* pada Pemuatan Batubara di Kapal MV. Amanah Morowali AMC” dapat diselesaikan dengan baik.

Saya menyadari bahwa KIT ini masih jauh dalam kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan demi kesempurnaan laporan ini.

Akhir kata, saya mohon yang sebesar-besarnya apabila dalam penyusunan KIT ini terdapat banyak kesalahan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis KIT ini dan pada umumnya bagi pembaca.

Penulisan KIT ini tidak lepas dari keterlibatan banyak pihak yang telah banyak mendukung sehingga tidak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, yang telah memberikan arahan serta izin untuk melakukan penulisan Karya Ilmiah Terapan
2. Bapak Capt. Sultan, M.M., M.Mar selaku dosen Pembimbing I materi Penulisan.
3. Bapak Capt. Bruce Rumangkang, M.Si., M.Mar selaku dosen Pembimbing II Teknik Penulisan.
4. Nakhoda, Chief Officer, Third Officer dan crew kapal MV Amanah Morowali AMC yang telah memberikan bantuan terutama dalam proses pengumpulan data.

5. Bapak dan ibu dosen dan segenap staf Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
6. Orang tua, saudara-saudara dan istri saya yang sudah bersedia untuk saya repotkan dan memberikan motivasi dan semangat dan membantu penulis selama penyusunan KIT.
7. Rekan-rekan pasis yang telah membantu penulisan KIT ini.

Akhir kata, saya mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila dalam penyusunan KIT ini terdapat kesalahan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis KIT ini dan pada umumnya bagi pembaca.

Makassar, 25 Agustus 2025



Weda Agung Christyan Wijaya

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN SEMINAR.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	4
D. Tujuan Penulisan	4
E. Manfaat Penulisan	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Faktor Manusia.....	6
B. Faktor Kapal	8
C. Faktor Dari Luar Kapal.....	10
BAB III. METODE PENGAMBILAN DATA.....	14
A. Observasi / Pengamatan	14
B. Wawancara.....	15
C. Studi Pustaka	22
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
A. Lokasi Kejadian	23
B. Situasi dan Kondisi	24

C. Temuan	29
D. Urutan Kejadian	39
BAB V. SIMPULANDAN SARAN.....	41
A. Simpulan.....	41
B. Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	45
RIWAYAT HIDUP.....	60

DAFTAR TABEL

Nomor

4.1	Cargo Hold Capacity in Cubic Feet	24
4.2	Perhitungan Pre-Stowage Plan sesuai SF	25
4.3	Perbandingan Pre-Stowage Plan dan Final Stowage Plan	28
4.4	Hasil Wawancara	30
4.5	Jenis Batu Bara	37
4.6	Urutan Kejadian.....	39

DAFTAR GAMBAR

Nomor

4.1 Penampang Melintang Carg Hold 35

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor

1	Proses Trimming oleh dozer.....	46
2	Dozer timming mendorong mutan ke sudut-sudut palka	47
3	Stowage Factor Batu bara yang tidak seragam.....	48
4	Pemuatan Menggunakan Loader dan Grab	49
5	Cargo Declaration.....	50
6	Statement of Fact no.1	51
7	Statement of Fact no.2	52
8	Statement of Fact no.3	53
9	Statement of Fact no.4	54
10	Statement of Fact no.5	55
11	Statement of Fact no.6	56
12	Statement of Fact no.7	57
13	Crewlist MV. Amanah Morowali AMC	58
14	Ship Particular MV. Amanah Morowali AMC.....	59

BAB I

PENDAHULUAN

A.Latar Belakang

Indonesia, sebagai negara kepulauan dengan lebih dari 17.000 pulau, memiliki posisi strategis di jalur perdagangan internasional dan dikenal sebagai salah satu eksportir batubara terbesar di dunia. Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2023), volume ekspor batubara Indonesia pada tahun 2022 mencapai lebih dari 360 juta ton, dengan mayoritas pengiriman dilakukan melalui jalur laut. Kondisi ini menegaskan peran transportasi laut sebagai tulang punggung distribusi komoditas, yang tidak hanya mendukung sektor ekspor tetapi juga menyuplai kebutuhan domestik (*Ministry of Energy and Mineral Resources*, 2023).

Transportasi laut dalam pengiriman batubara memerlukan efisiensi pada setiap tahapan, mulai dari proses pemuatan, pengangkutan, hingga pembongkaran di pelabuhan tujuan. Setiap ketidakefisienan, baik pada tahap awal maupun akhir, dapat menurunkan produktivitas dan meningkatkan biaya logistik. Optimalisasi penggunaan ruang muat kapal menjadi sangat penting karena setiap ruang kosong yang tidak terpakai mengurangi kapasitas angkut dan berpotensi menurunkan pendapatan perusahaan pelayaran (Stopford, 2020).

Proses pemuatan kargo curah di kapal, atau *stowage*, merupakan kombinasi antara seni dan ilmu yang menuntut perencanaan serta keterampilan teknis. Menurut Branch (2014), tujuan utama *stowage* adalah memastikan stabilitas kapal, melindungi muatan dari kerusakan, dan memanfaatkan ruang muat seefisien mungkin. Dalam pengiriman

batubara, *stowage* yang tepat akan mengurangi risiko kerusakan muatan akibat pergeseran dan memaksimalkan kapasitas palka.

Pada tanggal 8 Juli 2024, penulis menemukan fakta bahwa saat MV Amanah Morowali AMC melakukan proses pemuatan batubara di pelabuhan Kaliurang, Kalimantan Timur. Kegiatan ini berlangsung selama enam hari hingga kapal dinyatakan selesai melakukan pemuatan. Namun, jumlah kargo yang berhasil dimuat ternyata tidak sesuai dengan *pre-stowage plan*. Kapal yang direncanakan memuat 90.500 MT batubara hanya mampu memuat 90.000 MT. Seluruh palka sudah terisi penuh, sementara sebagian muatan masih ada di tongkang dan tidak dapat dimuat ke dalam kapal, maka terjadilah *broken stowage*.

Broken stowage pada pemuatan batubara juga dapat dipengaruhi oleh keberadaan elemen struktural di dalam palka, seperti *girders*, *frames*, dan pilar, yang menghambat penempatan muatan secara merata. Selain itu, metode pemuatan dan trimming (*perataan muatan*) yang kurang tepat dapat memperbesar volume ruang kosong. IMO (2022) menegaskan bahwa trimming yang benar adalah langkah penting untuk mengurangi *broken stowage* sekaligus menjaga stabilitas kapal selama pelayaran.

Kerugian akibat *broken stowage* tidak hanya bersifat teknis tetapi juga finansial. Setiap meter kubik ruang kosong berarti hilangnya potensi pendapatan dari ongkos angkut (*freight*), yang dapat berjumlah signifikan pada kapal berkapasitas besar. Selain itu, penurunan kapasitas angkut efektif membuat kapal menjadi kurang kompetitif dibanding pesaing yang mampu memanfaatkan ruang muat lebih optimal (Stopford, 2020).

Selain faktor teknis, faktor manusia memegang peranan penting dalam mencegah *broken stowage*. Pengawasan yang kurang ketat, ketidaktepatan prosedur, dan keterbatasan pelatihan teknis dapat

memperbesar ruang kosong yang tidak termanfaatkan. Adapun Faktor di luar kapal seperti *stowage factor* dan pembacaan *draft* kapal ketika melakukan *draft survey* dari muatan juga bisa mempengaruhi salah satu penyebab broken stowage.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengambil studi kasus pada kapal MV. Amanah Morowali AMC dengan judul "**Analisis Penyebab Broken Stowage pada Pemuatan Batu Bara di Kapal MV. Amanah Morowali AMC**".

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka permasalahan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh *stowage factor* muatan batubara terhadap besarnya volume *broken stowage* yang terjadi selama proses pemuatan di atas kapal?
2. Sejauh mana faktor teknis operasional, yang meliputi desain konstruksi palka dan efektivitas proses *trimming*, berkontribusi terhadap terjadinya *broken stowage*?
3. Bagaimana pengaruh pembacaan *draft* kapal akibat permukaan air yang bergelombang yang menyebabkan kesalahan hasil *draft survey* ?

C. Batasan Masalah

Penelitian ini akan terfokus pada proses muat batubara di MV Amanah Morowali AMC yang berlangsung di Kaliorang *Anchorage*. Perhatian utama akan difokuskan pada faktor-faktor internal dan eksternal yang secara langsung mempengaruhi proses pemuatan batubara, serta pengamatan tidak melibatkan aspek-aspek terkait kapal selain yang berhubungan langsung dengan proses bongkar muat.

D. Tujuan Penulisan

Berikut adalah tujuan penelitian untuk skripsi dengan judul "Analisis penyebab terjadinya *broken stowage* saat proses pemuatan batu bara di atas MV. Amanah Morowali AMC", sesuai dengan dua rumusan masalah yang diberikan:

1. Mengidentifikasi pengaruh *stowage factor* muatan batu bara terhadap besarnya volume *broken stowage* yang terjadi selama proses pemuatan di atas kapal
2. Mengevaluasi kontribusi faktor teknis operasional, yang meliputi desain konstruksi palka dan efektivitas proses *trimming*, terhadap terjadinya *broken stowage*.
3. Mengidentifikasi pengaruh pembacaan *draft* kapal akibat permukaan air yang bergelombang yang menyebabkan kesalahan hasil *draft survey*.

E. Manfaat Penulisan

Manfaat dari pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Manfaat Teoritis dari Penelitian ini memberikan kontribusi konseptual dalam memperkaya khazanah ilmu pengetahuan terkait manajemen muatan dan optimasi kargo batubara, khususnya melalui elaborasi atas variabel *stowage factor*, karakteristik desain konstruksi palka, serta efektivitas proses *trimming* sebagai determinan utama timbulnya

broken stowage pada proses pemuatan batu bara di atas kapal; dengan menghasilkan sintesis teoretis tentang korelasi antara faktor teknis operasional terhadap efisiensi ruang kargo, penelitian ini diharapkan mampu menjadi referensi rujukan dalam pengembangan teori-teori transportasi laut dan pengelolaan logistik maritim berbasis *evidence-based research* secara lebih komprehensif.

2. Manfaat Praktis dari Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi landasan empiris bagi para praktisi industri pelayaran dan logistik dalam mengembangkan strategi mitigasi *broken stowage* saat proses pemuatan batu bara di atas kapal, melalui penerapan rekomendasi berbasis identifikasi faktor teknis dan operasional yang berpengaruh, seperti optimalisasi desain palka dan peningkatan efektivitas prosedur *trimming*, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan ruang kargo, mengurangi kerugian ekonomis, serta menunjang operasional pelayaran yang lebih andal dan produktif sesuai standar *best practice* industri maritim.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. FAKTOR MANUSIA

1. Dampak Kurangnya Keterampilan Operator dalam Mengatur Posisi *Grab/Ship Loader*

Keterampilan operator *grab* atau *ship loader* memegang peranan penting dalam menentukan kualitas distribusi muatan di dalam palka kapal. Operator yang kurang terlatih sering kali kesulitan mengarahkan alat pemuat pada posisi optimal, sehingga tumpukan muatan tidak merata dan meninggalkan ruang kosong yang berkontribusi pada *broken stowage*. Efisiensi penempatan muatan sangat dipengaruhi oleh kemampuan operator dalam memahami geometri palka, sifat fisik muatan, dan sudut istirahat alami material (*International Maritime Organization* [IMO], 2022).

Kurangnya keterampilan operator dapat menyebabkan penumpukan muatan di satu sisi palka, sehingga distribusi berat menjadi tidak seimbang dan mempengaruhi stabilitas kapal. Penempatan muatan yang tidak merata mengurangi kapasitas efektif ruang muat serta meningkatkan risiko pergeseran muatan saat pelayaran (Branch, 2014). Dalam pengiriman batubara, kesalahan penempatan sering memicu pembentukan rongga besar di bagian tertentu yang sulit diisi tanpa proses *trimming* tambahan.

2. Komunikasi antara Petugas di Darat dan Awak Kapal

Faktor kedua adalah komunikasi yang buruk antara petugas di darat dan awak kapal selama proses pemuatan. Koordinasi *real-time* diperlukan agar muatan ditempatkan secara strategis di berbagai

bagian palka. Gangguan komunikasi dapat mengakibatkan kesalahan instruksi penempatan muatan, yang pada akhirnya menurunkan efisiensi penggunaan ruang muat (Stopford, 2020). Dalam kasus batubara, keterlambatan atau miskomunikasi dapat menyebabkan bagian tertentu dari palka terisi berlebihan atau justru kosong.

Keterbatasan komunikasi sering kali disebabkan oleh tidak adanya prosedur komunikasi baku, keterbatasan alat komunikasi, atau kesalahan manusia dalam menyampaikan informasi. Komunikasi yang efektif antara semua pihak yang terlibat dalam pemuatan adalah kunci untuk menghindari *cargo misplacement*, mengurangi resiko *broken stowage*, dan menjaga keselamatan pelayaran (United Nations Conference on Trade and Development [UNCTAD], 2022).

3. Pengawasan dalam Proses *Trimming* atau Penyebaran Muatan

Faktor ketiga adalah kurangnya pengawasan yang memadai selama proses *trimming*. *Trimming* adalah kegiatan perataan muatan untuk memastikan distribusi yang merata di seluruh ruang muat serta menghilangkan rongga yang dapat menyebabkan *broken stowage*. *Trimming* yang tidak dilakukan sesuai prosedur dapat mengakibatkan penurunan kapasitas angkut efektif dan membahayakan stabilitas kapal (IMO, 2022).

Pengawasan yang lemah sering disebabkan oleh keterbatasan jumlah tenaga kerja atau rendahnya kesadaran akan pentingnya *trimming*. Pengawasan yang ketat memastikan setiap langkah pemuatan sesuai dengan rencana *stowage* dan standar keselamatan yang berlaku (Branch, 2014). Tanpa pengawasan yang memadai, kesalahan kecil dalam penempatan muatan dapat menumpuk dan menghasilkan kerugian signifikan baik dari segi efisiensi ruang muat maupun keselamatan kapal.

B. FAKTOR KAPAL

Ruang muat pada kapal, khususnya jenis *bulk carrier*, dirancang dengan bentuk yang bervariasi menyesuaikan kebutuhan operasional dan spesifikasi teknis masing-masing kapal. Pada sebagian desain, bentuk palka dibuat menyerupai trapesium atau memiliki struktur yang tidak sepenuhnya simetris. Bentuk seperti ini membuat proses penataan muatan curah, termasuk batubara, menjadi kurang efisien. Saat dinding miring atau desain asimetris bertemu dengan karakteristik fisik muatan yang memiliki sudut runtuh tertentu, akan tercipta celah kosong di sudut-sudut tertentu yang sulit terisi. Keadaan ini secara signifikan berkontribusi pada meningkatnya *broken stowage* (Hutchinson, 2017).

Perbedaan bentuk ruang muat tidak hanya memengaruhi kapasitas terpakai, tetapi juga memengaruhi distribusi beban di dalam palka. Pada muatan curah seperti batu bara, gravitasi menyebabkan material mengalir ke bagian tengah, sementara sudut-sudut palka yang sempit atau miring tetap kosong. Desain yang tidak mempertimbangkan aliran alami material ini berpotensi menciptakan ruang tidak terpakai, sehingga mengurangi efisiensi pemuatan dan mengakibatkan hilangnya volume muat yang seharusnya bisa dioptimalkan (Hutchinson, 2017).

Elemen konstruksi kapal seperti *frames*, *stiffeners*, *stringers*, dan *girders* yang menjorok ke dalam ruang palka sering menjadi hambatan fisik saat proses pengisian muatan curah berlangsung. Keberadaan komponen ini membuat batubara cenderung menumpuk pada bagian yang mudah dijangkau oleh peralatan pemuatan, sementara area di balik tonjolan tersebut kerap tidak terisi. Sun & Zhou (2021) menegaskan bahwa rancangan struktur yang tidak menyesuaikan dengan karakteristik aliran material curah dapat secara drastis meningkatkan jumlah ruang yang tidak terpakai, terutama untuk muatan yang memiliki sudut runtuh tinggi seperti batubara.

Selain membatasi aliran muatan, penonjolan konstruksi ini juga memengaruhi pola distribusi material di dalam palka. Batubara yang jatuh ke dalam ruang muat akan mengikuti jalur gravitasi hingga menumpuk di area terbuka, sedangkan bagian tersembunyi di sekitar struktur tersebut sulit terisi tanpa intervensi manual atau teknik *trimming* tambahan. Hal ini berimplikasi pada rendahnya efisiensi penggunaan volume muat dan berpotensi memperbesar tingkat *broken stowage* pada setiap proses pemuatan (Sun & Zhou, 2021).

Perpaduan antara desain palka yang kurang sesuai, keberadaan sudut-sudut tajam, dan penonjolan elemen konstruksi dapat mengakibatkan pemanfaatan ruang muat tidak mencapai tingkat optimal. Dalam skala operasi yang besar, kehilangan kapasitas ini secara langsung menurunkan daya angkut kapal, yang pada akhirnya memengaruhi pendapatan dari biaya pengangkutan (*freight revenue*). Pemahaman menyeluruh mengenai bentuk dan tata letak palka menjadi hal yang krusial dalam proses perencanaan muatan untuk meminimalkan dampak negatif tersebut (UNCTAD, 2020).

Untuk mengatasi masalah ini, dibutuhkan penerapan prosedur *trimming* yang efektif guna meratakan muatan dan mengisi celah yang tidak terjangkau secara alami oleh aliran material. Selain itu, penyesuaian kecil pada metode pemuatan, seperti mengubah posisi alat muat atau mengatur urutan penurunan muatan, dapat membantu mengoptimalkan penggunaan ruang. Strategi ini terbukti mampu mengurangi kerugian volume muat dan meningkatkan efisiensi operasional kapal (UNCTAD, 2020).

C. FAKTOR DARI LUAR KAPAL

1. Stowage factor

Stowage factor (SF) merupakan parameter yang menggambarkan volume ruang yang diperlukan untuk menampung satu ton metrik muatan di atas kapal, dengan satuan umum meter kubik per ton (m^3/ton). Dalam konteks muatan batubara, SF berperan sebagai acuan penting untuk memperkirakan berapa banyak ruang muat yang akan terisi serta menilai kemungkinan terjadinya *broken stowage*. Nilai SF pada batubara dapat berbeda-beda, dipengaruhi oleh jenis batubara, tingkat kelembaban, ukuran butiran, serta densitas materialnya (International Maritime Organization [IMO], 2022).

Variasi pada SF batubara ini memiliki dampak langsung terhadap perencanaan pemuatan. SF yang lebih tinggi menunjukkan bahwa muatan memerlukan ruang lebih besar per ton, sehingga berpotensi meningkatkan ruang kosong yang tidak terisi secara optimal. Sebaliknya, SF yang lebih rendah memungkinkan pemanfaatan ruang lebih efisien, meskipun tetap memerlukan pengaturan distribusi muatan yang tepat untuk menjaga stabilitas kapal. Oleh karena itu, memahami faktor-faktor yang memengaruhi SF menjadi kunci untuk meminimalkan kerugian ruang dan mengoptimalkan kapasitas angkut (IMO, 2022).

Pada umumnya, *stowage factor* (SF) untuk batubara jenis *steam coal* berada di kisaran 1,25 hingga 1,45 m^3/ton , sementara untuk batubara jenis *anthracite* maupun batubara kokas, nilainya dapat berbeda. Perbedaan ini terutama disebabkan oleh ukuran butiran serta karakteristik fisik materialnya. Batubara dengan partikel yang lebih halus biasanya memiliki SF lebih kecil karena dapat dipadatkan secara lebih rapat, sedangkan batubara dengan potongan atau bongkahan

besar memerlukan ruang yang lebih besar untuk setiap ton muatan (Stopford, 2020).

Faktor ukuran partikel dan sifat material ini sangat memengaruhi perencanaan pemuatan, terutama dalam upaya meminimalkan *broken stowage*. Pemahaman yang tepat mengenai variasi SF membantu menentukan strategi penataan muatan yang sesuai agar ruang palka dapat dimanfaatkan secara maksimal tanpa mengorbankan stabilitas kapal. Dengan demikian, pengelolaan SF menjadi salah satu aspek penting dalam optimasi proses pemuatan batubara (Stopford, 2020).

Apabila nilai *stowage factor* (SF) yang digunakan dalam perencanaan lebih kecil dari nilai aktualnya, maka ruang palka akan terisi penuh lebih cepat sebelum kapal mencapai kapasitas bobot mati (*deadweight tonnage*), sehingga sebagian sisa kapasitas berat tidak dapat dimanfaatkan. Sebaliknya, penggunaan nilai SF yang terlalu besar akan meninggalkan ruang kosong di bagian atas palka, yang pada akhirnya memicu terjadinya *broken stowage*. Kedua situasi ini sama-sama menurunkan efisiensi pemuatan dan secara langsung berpengaruh terhadap pendapatan operasional kapal (Branch, 2014).

Bentuk palka kapal serta karakteristik fisik batubara, termasuk *angle of repose* (sudut runtuh), sangat memengaruhi pola distribusi muatan di dalam ruang kargo. Batubara dengan *stowage factor* (SF) tinggi umumnya memiliki butiran berukuran besar dan sudut istirahat yang curam, sehingga meninggalkan lebih banyak ruang kosong di bagian sudut palka. Situasi ini dapat memperburuk tingkat *broken stowage*, khususnya apabila proses *trimming* tidak dilakukan secara memadai (IMO, 2022).

Selain berdampak pada volume muat, SF juga berpengaruh terhadap distribusi bobot dan kestabilan kapal. Muatan dengan SF tinggi memiliki volume besar namun massa relatif ringan, yang berpotensi menggeser posisi pusat gravitasi kapal. Ketidakseimbangan distribusi volume ini dapat menimbulkan risiko pergeseran muatan (*cargo shifting*) selama pelayaran, sehingga mengurangi tingkat keselamatan kapal (*United Nations Conference on Trade and Development* [UNCTAD], 2022).

Perbedaan antara perhitungan dan realisasi pemanfaatan ruang muat juga dapat diperbesar oleh kesalahan pengukuran SF di pelabuhan muat, perubahan kadar kelembaban selama penyimpanan, serta metode pemuatan yang kurang optimal, seperti penggunaan *grab* atau *ship loader* tanpa prosedur *trimming* yang tepat. Di sejumlah pelabuhan batubara di Indonesia, selisih ini dilaporkan dapat mencapai 3–5% dari total kapasitas ruang muat, setara dengan kerugian muatan hingga ribuan ton per pelayaran (Kementerian Perhubungan RI, 2021).

Untuk mengurangi potensi *broken stowage*, operator kapal perlu memastikan ketersediaan data SF yang akurat dan terbaru sebelum proses pemuatan dimulai, baik melalui pengujian langsung terhadap sampel muatan maupun berdasarkan *cargo declaration* resmi. Pemakaian nilai SF yang tepat akan mendukung penyusunan *stowage plan* yang lebih presisi, sehingga kapasitas angkut dapat dioptimalkan dan ruang kosong yang terbuang dapat diminimalkan (IMO, 2022).

2. Air yang bergelombang yang menyebabkan kesalahan hasil pembacaan *draft*.

Permukaan laut yang tidak tenang menjadi salah satu penyebab utama ketidakakuratan dalam membaca *draft* saat pelaksanaan *draft survey*. Pada keadaan normal, pembacaan *draft* dilakukan ketika air

berada dalam kondisi tenang sehingga garis air (*waterline*) bisa sejajar tepat dengan tanda *draft* (*draft mark*). Akan tetapi, jika perairan mengalami gelombang, berbagai kesulitan muncul yang mengganggu ketepatan pengukuran (Rahman et al., 2019; Kurniawan et al., 2020).

Fluktuasi akibat gelombang membuat posisi garis air terus berubah-ubah, sehingga *surveyor* kesulitan menentukan angka *draft* yang sebenarnya. Upaya memperkirakan nilai rata-rata secara visual sering kali bersifat subjektif dan menghasilkan kesalahan beberapa sentimeter, yang dalam perhitungan muatan dapat berarti ratusan ton selisih. Selain itu, pergerakan air yang dinamis juga menimbulkan kesalahan optik atau *parallax error*, di mana garis pandang pembaca dapat menafsirkan posisi air lebih tinggi atau lebih rendah dari angka *draft* yang tepat. Dampaknya, hasil perhitungan bobot muatan bisa melenceng signifikan, bahkan mencapai ratusan ton pada kapal pengangkut batu bara, yang berimplikasi langsung pada *broken stowage* serta potensi perselisihan antara pengirim dan penerima muatan (Yin & Wang, 2017; Zhang et al., 2021).