



Evaluasi Efektivitas Pencegahan Tumpahan Muatan Batu Bara di Kapal SPB ABM Arah

Riviona Titanic Anatasya^{1*}, Dety Sutralinda², Faris Nofandi³, Arleiny⁴

^{1*}Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

²Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

³Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

⁴Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Alamat: Gunung Anyar Boulevard No. 1, Gunung Anyar, Kota Surabaya

*Corresponding author: vionaana11@gmail.com

Abstract. Increased demand for electrical energy has made coal a primary energy source, resulting in a continuous increase in its transportation by sea. During this process, coal spills into the sea often occur, endangering shipping safety and polluting the environment, especially when ships operate in bad weather conditions. Therefore, an evaluation of the effectiveness of coal spill prevention on ships is necessary. This study aims to evaluate the effectiveness of preventing coal spills, identify the factors that cause spills influenced by weather conditions, and analyze the impact and handling measures on the SPB ABM Arah ship. The research was conducted during sea practice with sign on November 12, 2023, and sign off November 12, 2024. The method used was qualitative descriptive with data collection techniques through interviews, observation, and documentation. The results showed that bad weather conditions caused excessive ship roll, thereby increasing the risk of coal cargo spillage. The impacts included disruption to ship stability and marine environmental pollution. Mitigation efforts were carried out through countermeasures and improved preventive measures to prevent similar incidents.

Keywords: cargo spill, coal, weather

Abstrak. Peningkatan kebutuhan energi listrik mendorong batu bara menjadi sumber energi utama, sehingga pengangkutannya melalui transportasi laut terus meningkat. Dalam proses tersebut, masih sering terjadi tumpahan muatan batu bara ke laut yang dapat membahayakan keselamatan pelayaran dan mencemari lingkungan, terutama saat kapal beroperasi dalam kondisi cuaca buruk. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi terhadap efektivitas pencegahan tumpahan muatan batu bara di atas kapal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pencegahan tumpahan muatan batu bara, mengidentifikasi faktor penyebab terjadinya tumpahan yang dipengaruhi kondisi cuaca, serta menganalisis dampak dan tindakan penanganan di Kapal SPB ABM Arah. Penelitian dilaksanakan selama praktik laut dengan sign on 12 November 2023 dan sign off 12 November 2024. Dalam penelitian ini digunakan metode deskriptif kualitatif, dengan proses pengumpulan data yang meliputi wawancara, observasi, serta dokumentasi. Dari hasil analisis yang dilakukan, dapat diketahui bahwa kondisi cuaca buruk menyebabkan olengan kapal yang berlebihan sehingga meningkatkan risiko tumpahan muatan batu bara. Dampaknya meliputi gangguan stabilitas kapal dan pencemaran lingkungan laut. Upaya penanganan dilakukan melalui tindakan penanggulangan dan peningkatan langkah pencegahan untuk mencegah kejadian serupa.

Kata kunci: tumpahan muatan, batu bara, cuaca

1. LATAR BELAKANG

Transportasi laut memegang peranan krusial sebagai urat nadi logistik dan perdagangan global, khususnya bagi negara kepulauan seperti Indonesia yang mengandalkan konektivitas perairan untuk mendistribusikan komoditas strategis secara masif dan bernilai ekonomis tinggi (Amrullah, 2020). Pengangkutan laut sering menjadi pilihan utama para pelaku industri dibandingkan moda transportasi lainnya karena menawarkan kapasitas muat yang jauh lebih besar, tingkat keamanan kargo yang terintegrasi, serta efisiensi biaya operasional yang signifikan guna mencapai target kelancaran distribusi logistik nasional (Dirgantoro, Purnama, & Lumban Batu, 2025). Pengelolaan sistem pelayaran niaga yang andal diatur secara ketat melalui regulasi nasional, di mana pelayaran didefinisikan sebagai satu kesatuan sistem yang terdiri atas angkutan di perairan, kepelabuhanan, keselamatan dan keamanan, serta perlindungan lingkungan maritim (UU Pelayaran No. 66 Tahun 2024 atas Perubahan UU No. 17 Tahun 2008)

Seiring dengan laju pertumbuhan penduduk dan percepatan industrialisasi, permintaan terhadap pasokan energi listrik terus melonjak secara eksponensial guna menunjang aktivitas sosial-ekonomi masyarakat (Mutasim, 2010). Dalam struktur pemenuhan energi nasional, Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan aset vital negara yang mayoritasnya masih sangat bergantung pada pasokan batu bara sebagai bahan bakar primer (Lestari et al., n.d.). Batu bara dimanfaatkan melalui proses dekomposisi termal untuk menghasilkan energi panas berupa uap bertekanan dan bersuhu tinggi, yang selanjutnya dikonversi menjadi energi mekanik penggerak turbin hingga menghasilkan luaran energi listrik (Kirk-Othmer, 1979). Rantai pasok yang tidak terputus dari lokasi pertambangan menuju berbagai terminal PLTU menuntut ketersediaan armada niaga pengangkut curah padat yang beroperasi secara aman, presisi, dan memenuhi standar kelaiklautan yang ketat (Fakhrurrozi, 2017).

Kelaiklautan kapal (*seaworthiness*) merupakan kondisi mutlak di mana kapal harus memenuhi persyaratan keselamatan lambung dan permesinan, pencegahan pencemaran perairan, garis muat, tata cara pemuatan, hingga manajemen keselamatan awak kapal sebelum diizinkan berlayar (UU Pelayaran No. 66 Tahun 2024 atas Perubahan UU No. 17 Tahun 2008). Pada tataran internasional, regulasi pengangkutan kargo curah padat

dipayungi oleh *International Maritime Organization* (IMO) melalui implementasi protokol *International Maritime Solid Bulk Cargoes Code* (IMSBC Code) serta konvensi MARPOL guna memastikan sterilitas ruang muat dan mencegah kontaminasi limbah kargo ke laut bebas (Agus, 2019; Rueter, Setiawan, & Kostermans, 2012). Pengangkutan batu bara menghadirkan tantangan teknis tersendiri karena material ini memiliki karakteristik pemadatan tertentu, kemudahan bergeser akibat gaya dinamis, serta risiko pemanasan spontan (*self-heating*) yang membutuhkan penerapan *stowage plan* dan teknik perataan (*trimming*) yang presisi agar stabilitas kapal tetap terjaga (Larsen, 1978; Arya Widiatmaja et al., 2024).

Berbeda dengan kapal *bulk carrier* konvensional bertipe Panamax atau Supramax yang memiliki palka tertutup rapat dengan sistem *hatch cover* mekanis, distribusi batu bara antar-pelabuhan khusus di Indonesia juga sering memanfaatkan kapal bertipe *Self Propelled Barge* (SPB) atau tongkang bermesin penggerak sendiri (Dirgantoro et al., 2025). Kapal SPB didesain dengan konsep *deck cargo ship*, di mana ruang muatan utamanya berada di atas struktur tongkang yang terbuka lebar tanpa dilengkapi penutup palka (*hatch cover*) (Setiawan et al., 2025). Konfigurasi desain terbuka ini memberikan fleksibilitas tinggi dan kecepatan bongkar muat di perairan dangkal, namun memunculkan kerentanan operasional yang tinggi terhadap pengaruh dinamika hidrometeorologi (Nurfaidah, 2024).

Fenomena kritis inilah yang diobservasi secara langsung di atas Kapal SPB ABM Arah milik entitas pelayaran PT Sinarmas LDA Maritime selama periode dinas jaga laut dari tanggal 12 November 2023 hingga 12 November 2024 (Anatasya, 2026). Kapal curah pengangkut batu bara ini dihadapkan pada permasalahan insiden tumpahan muatan ke laut yang dipicu oleh kondisi cuaca buruk berupa hempasan gelombang tinggi dan angin kencang (Westermann et al., 2021). Ketidadaan *hatch cover* menyebabkan tumpahan muatan skala ringan terjadi secara berkala, dan terakumulasi menjadi tumpahan signifikan saat kapal mengalami olengan ekstrem di perairan terbuka, seperti insiden yang tercatat di perairan Pulau Karimunjawa pada Desember 2023. Tumpahnya muatan batu bara ke laut tidak hanya menimbulkan kerugian ekonomi akibat penyusutan kuantitas kargo (*shortage*), tetapi juga mengancam keselamatan navigasi akibat pergeseran titik pusat gravitasi kapal serta memicu pencemaran serius pada ekosistem dan biota laut

(Akbar et al., 2024; Kholiq et al., 2025). Berdasarkan urgensi permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pencegahan tumpahan muatan batu bara, mengidentifikasi faktor-faktor penyebab yang dipengaruhi oleh cuaca buruk, serta menganalisis dampak dan implementasi tindakan penanganan di atas Kapal SPB ABM Arah.

2. KAJIAN TEORITIS

Konsep Evaluasi dan Efektivitas

Secara terminologi, evaluasi merupakan suatu proses pengumpulan data yang terencana dan sistematis untuk menakar, mengukur, serta menilai kondisi suatu objek dengan membandingkan hasil nyata di lapangan terhadap standar baku yang telah ditetapkan guna mendasari pengambilan keputusan alternatif (Yarheni, 2022). Mahrens dan Lehmann (1978) dalam Purwanto (2013) menegaskan bahwa informasi yang diperoleh melalui telaah evaluasi berfungsi sebagai instrumen korektif dalam memetakan tingkat keberhasilan maupun celah kelemahan operasional. Dalam konteks pelayaran, evaluasi insiden tumpahan muatan batu bara mencakup audit investigatif terhadap kelengkapan prosedur penataan kargo, kesiapan permesinan, serta kemampuan personel dalam merespons anomali lingkungan (Arikunto, 2013; Zein & Darto, 2012).

Sementara itu, efektivitas merepresentasikan derajat keberhasilan suatu organisasi atau sistem dalam merealisasikan target sasaran luaran yang telah disepakati bersama melalui pemanfaatan sumber daya yang terukur (Dobie, 2016). Menurut Siagian (2007), efektivitas berfokus pada hasil guna dari serangkaian tindakan terencana tanpa harus terbebani oleh batasan efisiensi pengeluaran semata. Sejalan dengan pandangan Emerson dalam Hasibuan serta telaah Noraffandy Yahaya dan Nur Fazila i Salleh (2020), suatu penanganan kondisi darurat muatan dinilai efektif apabila kesesuaian antara rencana awal pencegahan dengan realitas pengendalian di lapangan mampu meminimalkan dampak degradasi lingkungan serta mencegah keberulangan insiden kegagalan kargo (Budiani, 2009; Yuniningsih & Kharisma, 2014).

Karakteristik Muatan Batu Bara dan Kapal SPB

Batu bara merupakan batuan sedimen hidrokarbon padat yang terbentuk dari proses dekomposisi biologis dan termal sisa flora purba di bawah pengaruh suhu dan tekanan geotermal jangka panjang (Mutasim, 2010). Berdasarkan parameter nilai kalor, densitas, serta rasio karbon terhadap oksigen dan hidrogen, standar ASTM mengklasifikasikan batu bara ke dalam beberapa tingkatan (*grade*), mulai dari fase awal berupa gambut (*peat*), lignit, sub-bituminus, bituminus, hingga antrasit sebagai varian dengan kandungan energi tertinggi (Kirk-Othmer, 1979; Larsen, 1978). Material kargo ini memiliki sifat kerentanan spesifik berupa pelepasan gas metana (CH_4), penyerapan oksigen yang memicu pemanasan mandiri (*self-heating*), serta mudah bergeser jika tidak ditata rata menggunakan teknik *trimming* yang sesuai panduan *stowage plan* (Fakhrurrozi, 2017).

Armada pengangkut batu bara umumnya didominasi oleh kapal curah kering (*bulk carrier*) dengan desain lambung tunggal atau ganda dan sistem pembagian ruang palka terpisah yang ditutup rapat oleh penutup palka geser hidrolik (*sliding hatch cover*) guna melindunginya dari intrusi air laut (Dirgantoro et al., 2025). Namun, untuk rute distribusi domestik berjarak menengah, industri maritim mengoperasikan varian *Self Propelled Barge* (SPB). Karakteristik utama SPB terletak pada arsitektur geladaknya yang difungsikan sebagai bak muatan terbuka (*open barge*) berkapasitas masif tanpa atap pelindung palka (Setiawan et al., 2025). Ketiadaan penutup palka ini membuat kargo batu bara terpapar secara langsung oleh kondisi cuaca eksternal dan pergerakan dinamis kapal, sehingga menuntut kewaspadaan ekstra dalam manajemen stabilitas (*trim* dan kemiringan) selama pelayaran (Nurfaidah, 2024).

Tinjauan Penelitian Terdahulu

Kajian mendalam terhadap literatur terdahulu memperlihatkan benang merah terkait faktor pemicu kegagalan penanganan muatan curah batu bara. Penelitian Endang Nurfaidah (2024) menyimpulkan bahwa tumpahan batu bara pada aktivitas *transshipment* di area labuh jangkar sangat dipengaruhi oleh malfungsi mekanis alat bongkar muat (*grab*), kurangnya ketelitian operator crane, serta hembusan angin kencang yang menyebarkan partikel debu. Analisis senada dikemukakan oleh Westermann et al. (2021) pada PT Indo Darma Transport, yang memvalidasi korelasi langsung antara kedisiplinan

pengawasan prosedur keselamatan awak kapal terhadap reduksi risiko tumpahan muatan berbahaya di area terminal perairan.

Pada aspek keselamatan transfer muatan *Ship-to-Ship* (STS), Kholiq et al. (2025) menemukan bahwa cuaca buruk secara signifikan mendegradasi efisiensi operasional dan memicu potensi deviasi haluan kapal yang membahayakan stabilitas lambung. Sementara itu, telaah Akbar et al. (2024) menyoroti dampak ekonomi dari tumpahan kargo yang terakumulasi menjadi defisit muatan (*shortage cargo*), yang berimbas pada pembengkakan biaya logistik. Di sisi lain, Setiawan et al. (2025) memfokuskan studinya pada faktor *human error*, di mana minimnya pemahaman awak kapal terhadap Standard Operating Procedure (SOP) menjadi pemicu utama kegagalan mitigasi kebakaran muatan batu bara saat *loading*.

Berdasarkan sintesis kajian-kajian tersebut, terlihat adanya celah penelitian (*research gap*) yang jelas. Mayoritas riset terdahulu lebih menitikberatkan pada keandalan peralatan bongkar muat di pelabuhan atau aspek kelalaian manusia saat kapal dalam posisi statis (labuh jangkar). Penelitian ini hadir untuk mengisi kekosongan tersebut dengan mengevaluasi secara spesifik fenomena tumpahan fisik muatan batu bara yang terjadi saat kapal berada dalam fase pelayaran dinamis (*sea passage*) di bawah pengaruh cuaca buruk, dengan objek studi yang berfokus pada karakteristik unik arsitektur palka terbuka Kapal SPB ABM Arah.

3. METODE PENELITIAN

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini dirancang menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan deskriptif analitis (Arikunto, 2013; Sugiyono, 2019). Pendekatan kualitatif dipilih karena instrumen utama dalam pengumpulan fakta adalah peneliti itu sendiri yang melebur langsung ke dalam lingkungan alamiah objek studi guna mengeksplorasi, memahami, serta mengurai makna di balik kendala operasional dan perilaku pengawakan di lapangan (Creswell, 2014). Metode deskriptif difungsikan untuk memetakan gambaran nyata secara sistematis dan faktual mengenai kronologi, faktor pemicu, serta efektivitas langkah-langkah preventif yang dijalankan awak kapal saat menghadapi krisis tumpahan muatan (Arikunto, 2013).

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian lapangan dilaksanakan secara intensif di atas Kapal SPB ABM Arah, sebuah armada niaga bertipe *Self Propelled Barge* yang difungsikan untuk distribusi batu bara curah. Kapal ini dioperasikan di bawah manajemen PT Sinarmas LDA Maritime, perusahaan pelayaran nasional terkemuka yang berkantor pusat di Sinarmas Land Plaza, Tower II, Lantai 3, Jalan M.H. Thamrin No. 51, Jakarta Pusat (Anatasya, 2026). Pengambilan data dilakukan secara langsung selama peneliti menjalani masa penugasan dinas laut (*sea practice*) yang berlangsung selama satu tahun penuh, terhitung mulai tanggal 12 November 2023 hingga proses *sign off* pada tanggal 12 November 2024.

Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data

Guna menjamin keabsahan dan kedalaman informasi, proses pengumpulan data mengandalkan skema triangulasi teknik yang mencakup tiga pilar utama:

1. **Observasi Langsung:** Peneliti melakukan pengamatan partisipatif secara berkesinambungan terhadap tata cara penataan batu bara di palka terbuka, dinamika pergerakan kapal saat dihempas gelombang, serta mencatat frekuensi dan volume estimasi sebaran tumpahan batu bara yang jatuh melewati lambung kapal selama menjalankan tugas jaga laut (Sugiyono, 2019; Arikunto, 2013; Nazir, 2014).
2. **Wawancara Mendalam:** Sesi tanya jawab semi-terstruktur dilakukan secara lisan dan mendalam dengan para pengambil keputusan di atas kapal. Narasumber kunci meliputi Nakhoda (*Master*) sebagai penanggung jawab pelayaran, Mualim I (*Chief Officer*) selaku penanggung jawab penataan kargo, Mualim III (*Third Officer*), serta jajaran *crew deck* lapangan (Sudijono, 2011; Bungin, 2013). Wawancara difokuskan pada interpretasi teknis ketiadaan *hatch cover* dan taktik penanganan darurat cuaca.
3. **Studi Dokumentasi:** Peneliti menelaah, mengumpulkan, dan menganalisis arsip resmi kapal seperti cetak biru dokumen *stowage plan*, catatan *logbook* cuaca, sertifikat spesifikasi teknis SPB, hingga perekaman visual berupa foto-foto kondisi fisik palka dan penanganan kargo yang diambil menggunakan kamera digital (Sugiyono, 2015).

Teknik Analisis Data

Data kualitatif lapangan yang beraneka ragam dikelola dan disarikan melalui tahapan analisis sistematis model Miles dan Huberman (1994) serta panduan Sugiyono (2015), yang terdiri dari:

- a. Reduksi Data (*Data Reduction*): Melakukan seleksi ketat, pengkodean, serta merangkum catatan lapangan yang tebal guna membuang data yang tidak relevan. Proses ini menajamkan fokus analisis pada insiden spesifik tumpahan akibat cuaca buruk dan kondisi palka terbuka.
- b. Penyajian Data (*Data Display*): Menyusun sekumpulan informasi tereduksi ke dalam bentuk teks naratif deskriptif yang terstruktur, disertai penyertaan diagram alur hubungan antar-variabel penyebab. Hal ini memudahkan pemetaan pola interaksi antara anomali gelombang dengan olengan SPB.
- c. Penarikan Kesimpulan (*Conclusion Drawing*): Melakukan sintesis akhir untuk menilai bobot efektivitas sistem pencegahan yang ada, serta memverifikasi temuan silang antara hasil wawancara perwira dengan bukti fisik observasi lapangan guna melahirkan simpulan yang valid dan objektif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Objek Penelitian

Kapal SPB ABM Arah merupakan kapal berbendera Indonesia dengan pelabuhan pendaftaran (*port of registry*) Jakarta, yang beroperasi di bawah pengawasan regulasi klasifikasi *Korean Register* (KR). Kapal berkonstruksi baja yang dibangun di galangan Tiongkok pada tahun 2018 ini masuk dalam kategori *deck cargo ship* berspesifikasi *Self Propelled Barge* (SPB). SPB ABM Arah dirancang dengan dimensi panjang keseluruhan (LOA) mencapai 129,3 meter, lebar lambung 26 meter, serta kedalaman dari lunas hingga geladak setinggi 8 meter. Kapasitas angkut kargo tergolong masif, dibuktikan dengan tonase kotor sebesar 10.172 GT dan bobot mati (*Deadweight Tonnage*) mencapai 13.000 MT.

Sistem propulsi kapal ditenagai oleh dua unit mesin induk andal merek Daihatsu tipe 6DKM-26e(L) yang masing-masing memproduksi daya dorong sebesar 1.600 kW pada putaran 750 RPM, didukung oleh baling-baling ganda serta generator bantu STX

Cummins. Secara komersial, SPB ABM Arah difungsikan khusus sebagai pengangkut batu bara curah antarmoda untuk menyuplai kebutuhan energi terminal pembangkit listrik, dengan trayek operasional reguler melintasi koridor perairan TMCT Grogot menuju PLTU Cirebon, area tambang Berau ke PLTU Jeneponto, Suaran menuju PLTU Cilacap, serta rute Muara Pantai untuk pasokan PLTU Bali.

Hasil Penelitian: Faktor Penyebab dan Dampak

Berdasarkan hasil pemantauan observasi langsung yang divalidasi oleh silang pendapat dalam wawancara mendalam bersama Mualim I dan Mualim III, teridentifikasi bahwa insiden tumpahan muatan batu bara di atas Kapal SPB ABM Arah diakibatkan oleh konvergensi dua faktor utama yang saling menguatkan:

- a. Faktor Lingkungan (Cuaca Ekstrem): Kondisi hidrometeorologi yang memburuk secara tiba-tiba di jalur pelayaran—seperti hempasan gelombang laut yang tinggi dan badai angin kencang—menjadi pemicu gaya mekanis eksternal yang masif. Puncak insiden terburuk terekam saat kapal melintasi perairan terbuka Pulau Karimunjawa pada bulan Desember 2023, di mana gelombang memicu olengan (*rolling*) dan kemiringan (*pitching*) lambung kapal secara ekstrem.
- b. Faktor Teknis dan Desain Ruang Muat Terbuka: Karakteristik bawaan Kapal SPB yang mengusung desain bak muat model tongkang tanpa penutup palka (*hatch cover*) menjadi titik lemah sistemik. Struktur tanpa atap pelindung ini mengakibatkan tumpukan kargo batu bara terpapar secara langsung oleh elemen cuaca. Ketika kapal beroleng hebat, gaya sentrifugal dengan mudah mengalahkan gaya gesek statis tumpukan batu bara yang penataannya kurang presisi, menyebabkan muatan bergeser meluncur ke satu sisi lambung dan tumpah berceceran ke laut lepas. Bahkan dalam kondisi pelayaran normal, sebaran partikel kecil tumpahan muatan tetap terjadi secara rutin setiap bulannya akibat getaran lambung.

Dampak turunan dari tumpahan kargo ini sangat berisiko. Secara internal, hilangnya sebagian muatan dari satu sisi bak secara mendadak memicu ketidakseimbangan titik momen lambung, yang berujung pada gangguan stabilitas dinamis kapal (*disruption to ship stability*). Secara eksternal, jatuhnya material batu bara dalam kuantitas masif menghadirkan ancaman ekologis berupa pencemaran perairan laut

(*marine environmental pollution*) yang merusak tatanan terumbu karang serta meracuni populasi biota laut setempat.

Upaya Pencegahan dan Penanganan Operasional

Guna meredam laju tumpahan dan memulihkan kondisi darurat, jajaran perwira dan awak kapal SPB ABM Arah mengimplementasikan serangkaian tindakan penanganan taktis di lapangan:

1. Manajemen Pengaturan Stabilitas: Awak kapal secara proaktif mengkalkulasi ulang dan menyesuaikan pengisian tangki penyeimbang (*ballast water*) serta pengaturan sarat kapal (*trim*) sebelum maupun saat pelayaran berlangsung guna meredam amplitudo olengan lambung saat membelah gelombang tinggi.
2. Verifikasi dan Trimming Muatan: Mualim I mengawasi ketat proses perataan ketinggian gundukan batu bara (*trimming*) di pelabuhan muat agar terdistribusi merata sesuai batas aman panduan *stowage plan*, mencegah terbentuknya sudut longsor muatan yang curam.
3. Patroli Pengawasan Rutin: Dilakukan peningkatan jadwal inspeksi visual oleh regu jaga dek terhadap kondisi pergeseran tumpukan kargo secara berkala, utamanya saat indikator barometer menunjukkan penurunan tekanan udara yang menandakan datangnya cuaca buruk.
4. Olah Gerak Navigasi Taktis: Nakhoda dan perwira jaga anjungan mengambil keputusan cepat dengan mengurangi putaran mesin (*speed reduction*) serta mengubah arah haluan kapal agar tidak menerima hempasan gelombang secara tegak lurus pada sisi lambung (*beam sea*), meminimalkan guncangan berlebih.
5. Rerouting Berbasis Prakiraan Cuaca: Memaksimalkan pemantauan pemutakhiran data stasiun meteorologi (BMKG/Navtex) sebagai acuan untuk menunda keberangkatan dari pelabuhan atau memutar haluan mencari area berlindung (*shelter*) guna menghindari lintasan badai.

Pembahasan: Evaluasi Efektivitas Pencegahan

Berdasarkan parameter analisis data yang komprehensif, implementasi sistem pencegahan tumpahan muatan batu bara di atas Kapal SPB ABM Arah dievaluasi berada pada taraf kurang efektif (Anatasya, 2026). Parameter ketidakefektifan ini dibuktikan

dengan fakta empiris bahwa insiden tumpahan kargo masih terus berulang, baik sebaran partikel rutin berskala ringan maupun kelongsoran kargo masif saat dihempas badai.

Secara manajerial dan keahlian pelaut (*seamanship*), tindakan awak kapal dalam memanipulasi olah gerak, meratakan muatan, dan mengisi air balas memang patut diapresiasi sebagai langkah penanggulangan adaptif. Namun, intervensi operasional tersebut terbukti memiliki keterbatasan absolut karena tidak menyentuh akar permasalahan teknis. Akar risiko utama berupa arsitektur palka tipe tongkang terbuka yang tidak memiliki pembatas mekanis penutup (*hatch cover*) membuat muatan tidak memiliki dinding penahan vertikal atas saat lambung berayun melebihi sudut kritis. Tanpa adanya modifikasi rekayasa teknis pada struktur ruang muat atau penambahan instalasi sistem pengaman fisik (*cargo barrier*), SOP pencegahan konvensional tidak akan mampu mengeliminasi risiko tumpahan batu bara secara tuntas saat kapal beroperasi di perairan dengan dinamika cuaca ekstrem.

Tabel 1. Ringkasan Evaluasi Tumpahan Batu Bara di SPB ABM Arah

Aspek Penelitian	Temuan Utama
Faktor Penyebab	1. Cuaca ekstrem (gelombang tinggi dan angin kencang) 2. Desain lambung SPB (tongkang) yang memiliki ruang muat terbuka tanpa atap pelindung (<i>hatch cover</i>). 3. Olgengan kapal (<i>rolling</i>) yang berlebihan di perairan terbuka.
Dampak Insiden	1. Pencemaran ekosistem dan lingkungan laut. 2. Gangguan pada stabilitas dinamis kapal akibat pergeseran titik berat. 3. Kerugian finansial akibat penyusutan volume muatan (<i>shortage</i>).
Tindakan Pencegahan	1. Melakukan perataan tumpukan kargo (<i>trimming</i>) saat pemuatan. 2. Mengatur keseimbangan air balas dan <i>trim</i> kapal. 3. Mengurangi putaran mesin dan mengubah arah haluan saat badai. 4. Memantau rute berbasis pemutakhiran prakiraan cuaca (BMKG/Navtex).
Hasil Evaluasi	Kurang Efektif. Prosedur operasional yang dijalankan awak kapal tidak mampu mengatasi akar masalah teknis (ketiadaan penutup palka), sehingga kargo tetap berjatuhan ke laut saat lambung dihempas gelombang kuat.
Rekomendasi	1. Kepatuhan ketat terhadap <i>stowage plan</i> saat penataan muatan. 2. Inovasi proteksi mekanis (penambahan jaring/terpal pengaman kargo). 3. Revisi dan standarisasi SOP internal perusahaan untuk kapal palka terbuka.

Sumber: Diolah Penulis (2025)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Faktor Determinasi Tumpahan: Tumpahan muatan batu bara ke laut dipicu oleh kombinasi linier antara faktor eksternal berupa cuaca ekstrem (gelombang tinggi dan badai angin) yang menghasilkan olengan lambung berlebihan, dengan kerentanan desain

teknis kapal bertipe *Self Propelled Barge* (SPB). Kapasitas Tindakan Penanganan: Upaya mitigasi yang dijalankan awak kapal bersifat penanggulangan operasional jangka pendek yang terbukti kewalahan menahan gaya geser kargo saat dihadapkan pada cuaca buruk. Tingkat Efektivitas Sistem: Secara keseluruhan, efektivitas sistem pencegahan tumpahan muatan batu bara di atas kapal dinilai masih belum optimal (kurang efektif), ditandai oleh persistensi insiden tumpahan bulanan dan kerugian kargo, sehingga menuntut adanya pembenahan terintegrasi pada aspek teknis rancang bangun kapal serta pembaruan ketat pada prosedur pemuatan.

Saran untuk Presisi Penataan Kargo yaitu Jajaran perwira kapal, khususnya Mualim I, diwajibkan untuk mengawasi dan mengeksekusi tahapan pemuatan batu bara secara mutlak mematuhi matriks *stowage plan*, dengan menerapkan teknik *trimming* datar yang optimal guna menekan potensi pergeseran awal muatan. Inovasi Proteksi Teknis yaitu Pihak manajemen perusahaan pemilik kapal (PT Sinarmas LDA Maritime) sangat disarankan untuk mengkaji ulang kelayakan sistem penahan muatan, termasuk menjajaki investasi penambahan instalasi dinding pembatas ekstra (*side stanchions/cargo netting*) atau rekayasa penutup terpal modular yang dirancang khusus untuk mengamankan ak muat SPB terbuka. Kewaspadaan Navigasi Dinamis yaitu Seluruh jajaran perwira dek harus meningkatkan frekuensi pengawasan stabilitas dan patroli kargo secara real-time selama pelayaran, serta tidak ragu mengambil keputusan deviasi rute berlindung sesegera mungkin saat menerima peringatan dini badai gelombang. Reformasi Prosedur Operasional (SOP) yaitu Disarankan dilakukannya kaji ulang dan standarisasi kurikulum Standard Operating Procedure (SOP) internal perusahaan

DAFTAR REFERENSI

- Agus, R. (2019). Regulasi IMO: Indonesia harus turunkan kadar sulfur bahan bakar kapal. *Bisnis.Com*.
- Akbar, F., Novandi, F., & Chandri, A. P. (2024). Pengaruh Shortage Cargo terhadap Kegiatan Transshipment Batu Bara di PT. Kartika Samudra Adijaya Site Berau. *Politeknik Pelayaran Surabaya*.
- Amrullah, R. A. (2020). *Pelabuhan dan Serba-Serbinya (Bisnis, Jasa & Fasilitas)*. PIP Semarang.
- Anatasya, R. T. (2026). *Evaluasi Efektivitas Pencegahan Tumpahan Muatan Batu Bara di Kapal SPB ABM Arah*. Laporan Tugas Akhir Karya Ilmiah Terapan, Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal, Politeknik Pelayaran Surabaya.

- Antarsyah, M. F., dkk. (2025). Optimalisasi Pembersihan Ruang Palka Guna Mencegah Keterlambatan saat Memuat pada MV. Golden Destiny.
- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik (Edisi Revisi)*. Rineka Cipta.
- Arikunto, S. (2013). *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Rineka Cipta.
- Arya Widiatmaja, dkk. (2024). Analisis Permasalahan Cargo Hold Cleaning di MV. Pancaran Glory. *Seminar Nasional Transportasi dan Keselamatan (SaiNTiK)*.
- Budiani, N. W. (2009). Efektivitas Program Penanggulangan Pengangguran Karang Taruna. *Jurnal Ekonomi dan Sosial*.
- Bungin, B. (2013). *Metodologi Penelitian Sosial & Ekonomi: Format-Format Kuantitatif dan Kualitatif untuk Studi Sosiologi, Kebijakan Publik, Komunikasi, Manajemen, dan Pemasaran*. Kencana.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications.
- Dirgantoro, A. R., Purnama, C., & Lumban Batu, P. N. F. (2025). Cargo Hold Failure in Meeting the Hospital Clean Standard after Discharging Dirty Cargo and before Loading Grain Cargo on Board MV Bel Air. *Jurnal Cakrawala Bahari*, 8(2), 1-12.
- Dobie, A. (2016). Analisis Efektivitas Kerja Pegawai di Dinas Perhubungan Pemerintah Kota Samarinda. *Prediksi: Jurnal Ilmu Sosial*, 1(1), 26-30.
- Fakhrurrozi. (2017). *Penanganan Muatan Kapal Curah*. Penerbit Maritim.
- Kholiq, I. N., Winarni, E., Putri, C. O., & Anggoro, R. (2025). Strategi Mitigasi Risiko dalam Operasi Transfer Batubara Ship to Ship: Analisis Keselamatan Operasional MV. Lumoso Jaya di Bojonegara. *Saintara: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Maritim*.
- Kirk-Othmer. (1979). *Encyclopedia of Chemical Technology* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Larsen, J. W. (1978). *Organic Chemistry of Coal*. American Chemical Society.
- Lestari, E., Rachman, S., Achmad, & Rais, A. (n.d.). Persiapan Ruang Muat Pada Kapal Curah Guna Menunjang Keberhasilan Dalam Proses Pemuatan di MV. C. UTOPIA.
- Mahrens, W. A., & Lehmann, I. J. (1978). *Measurement and Evaluation in Education and Psychology*. Holt, Rinehart and Winston.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook*. SAGE Publications.
- Mutasim. (2010). *Karakteristik dan Pemanfaatan Batu Bara*. Pustaka Sains.
- Nazir, M. (2014). *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia.
- Noraffandy Yahaya & Nur Fazila i Salleh. (2020). Efektivitas Model Pengukuran Kinerja Organisasi. *Journal of Educational Technology*, 21(1), 1-9.
- Nurfaidah, E. (2024). Penanganan Tumpahan Muatan Batubara Pada Kegiatan Transshipment di PT. Cipta Krida Bahari Cabang Bunati Kalimantan Selatan. *Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang*.

- Purwanto, M. N. (2013). *Prinsip-Prinsip dan Teknik Evaluasi Pengajaran*. PT Remaja Rosdakarya.
- Republik Indonesia. (2008). *Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran*. Lembaran Negara RI Tahun 2008 Nomor 64.
- Republik Indonesia. (2024). *Undang-Undang Nomor 66 Tahun 2024 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran*.
- Rueter, G., Setiawan, A., & Kostermans, D. (2012). Bahaya minyak berat dari kapal laut. *Made for Mind/DW*.
- Setiawan, I., dkk. (2025). Upaya Penanganan Muatan Batu Bara di MV. Glovis Diamond Guna Menjaga Keselamatan dan Mengurangi Resiko Kebakaran Pada Saat Loading di Anchorage. *Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta*.
- Siagian, S. P. (2007). *Filsafat Administrasi*. Bumi Aksara.
- Sudijono, A. (2011). *Pengantar Evaluasi Pendidikan*. Rajawali Pers.
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Alfabeta.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, R&D*. Alfabeta.
- Westermann, K., dkk. (2021). Analisis Penanganan Muatan Berbahaya Batu Bara Pada PT Indo Darma Transport Cabang Satui.
- Yarheni. (2022). Penerapan Supervisi Individu dalam Upaya Meningkatkan Kemampuan Evaluasi Guru Menurut K-13 di SD Negeri 58/IX Tempino. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(1), 3570-3579.
- Yuniningsih, T., & Kharisma, D. (2014). Pengukuran Kepuasan Suatu Institusi Kesehatan. *Majalah Kedokteran Indonesia*, 54(7), 283-288.
- Zein & Darto. (2012). *Evaluasi Pembelajaran*. Penerbit Edukasi.