



P-ISSN: 2716-2656, E-ISSN: 2985-9638

JOURNAL MARINE INSIDE

VOLUME 7, ISSUE. 2, DECEMBER 2025

Web: <https://ejournal.poltekpel-banten.ac.id/index.php/ejmi/>

Evaluasi prosedur pengikatan muatan kendaraan terhadap keselamatan operasional kapal ro-ro (Studi kasus KM. Mila Utama)

Renta Novaliana Siahaan, Sandy Wahyu Purnomo, Antaris Fahrisoni,
Ahmad Shulhany, Rizky Maulidina Rohman*

Politeknik Pelayaran Banten

E-mail: [*rizkimaulidina77@gmail.com](mailto:rizkimaulidina77@gmail.com)

ABSTRAK

Kapal Ro-Ro memiliki tingkat risiko keselamatan operasional yang relatif tinggi, khususnya terkait dengan pengikatan muatan kendaraan selama pelayaran. Pengikatan muatan yang tidak sesuai prosedur berpotensi menyebabkan pergeseran muatan, gangguan stabilitas kapal, hingga kecelakaan pelayaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi prosedur pengikatan muatan kendaraan terhadap keselamatan operasional kapal Ro-Ro pada KM. Mila Utama. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan deskriptif kualitatif melalui observasi langsung di atas kapal, wawancara dengan Mualim I dan Kelasi, serta studi dokumentasi. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan praktik pengikatan muatan di lapangan dengan standar keselamatan yang ditetapkan oleh International Maritime Organization (IMO) dan ketentuan International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum prosedur pengikatan muatan kendaraan telah diterapkan, namun masih ditemukan beberapa ketidaksesuaian, antara lain jarak penempatan kendaraan yang terlalu rapat, kondisi peralatan lashing yang aus, serta sudut dan ketegangan tali pengikat yang belum memenuhi ketentuan standar. Ketidaksesuaian tersebut berpotensi meningkatkan risiko pergeseran muatan dan menurunkan tingkat keselamatan operasional kapal, terutama pada kondisi cuaca buruk. Penelitian ini menegaskan pentingnya evaluasi berkala terhadap prosedur pengikatan muatan, peningkatan kompetensi awak kapal, serta pemeliharaan peralatan lashing guna mendukung keselamatan pelayaran kapal Ro-Ro secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Kapal Ro-Ro, pengikatan muatan, lashing, keselamatan operasional, evaluasi prosedur.

ABSTRACT

Ro-Ro ships are associated with relatively high operational safety risks, particularly related to vehicle cargo securing during voyages. Improper cargo securing procedures may lead to cargo shifting, reduced ship stability, and serious maritime accidents. This study aims to evaluate vehicle cargo securing procedures in relation to operational safety on board the Ro-Ro vessel KM. Mila Utama. A descriptive qualitative approach was employed, utilizing direct onboard observations, interviews with the First Officer and deck crew, and documentation analysis. The evaluation was conducted by comparing actual cargo securing practices with safety standards established by the International Maritime Organization (IMO) and the International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS). The results indicate that although cargo securing procedures have generally been implemented, several non-compliances remain, including insufficient spacing between vehicles, worn lashing equipment, and improper lashing angles and tension that do not fully meet prescribed standards. These deficiencies may increase the risk of cargo movement and compromise operational safety, particularly under adverse weather conditions. The study highlights the necessity of regular evaluation of cargo securing



Journal Marine Inside is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

procedures, continuous crew training, and proper maintenance of lashing equipment to enhance the operational safety of Ro-Ro vessels.

Keywords: *Ro-Ro vessel, cargo securing, lashing, operational safety, procedure evaluation.*

Tersedia pada: <https://doi.org/10.62391/ejmi.v7i2.146>

Disubmit pada 30/10/2025	Direview pada 10/11/2025	Direvisi pada 20/11/2025
Diterima pada 30/11/2025	Diterbitkan pada 01/12/2025	

PENDAHULUAN

Kapal *Roll-on/Roll-off (Ro-Ro)* merupakan tipe kapal yang dirancang khusus untuk memuat dan/atau menurunkan kendaraan dan muatan bergerak melalui *ramp*, sehingga memungkinkan pengoperasian bongkar-muat yang cepat dan efisien pada rute domestik maupun regional. Namun, karakteristik dek yang luas dan tata letak kendaraan yang padat membuat kapal *Ro-Ro* rentan terhadap masalah *cargo shift* apabila prosedur pengikatan muatan (*cargo securing* atau *lashing*) tidak diterapkan secara benar dan konsisten [1-2]. Laporan investigasi dan ringkasan keselamatan, termasuk kajian MAIB, menegaskan bahwa pergeseran muatan merupakan kontributor signifikan pada insiden kapal *Ro-Ro* yang berujung pada kerusakan muatan, cedera personel, dan dalam kasus ekstrem berkontribusi terhadap kehilangan keselamatan kapal [3-4].

Regulasi dan pedoman internasional yang menjadi rujukan operasional meliputi *Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing (CSS Code)* dan *Cargo Securing Manual (CSM)*, serta ketentuan dalam *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)* yang mensyaratkan tata laksana CSM pada kapal. Dokumen-dokumen ini menetapkan persyaratan teknis seperti definisi *Maximum Securing Load (MSL)*, jarak antar *securing points*, batas sudut pengikatan (*lashing angles*), serta prosedur inspeksi dan pengetatan berkala selama pelayaran [1-2, 5]. Kepatuhan terhadap ketentuan tersebut menjadi dasar penilaian keselamatan pengikatan muatan pada kapal *Ro-Ro* dalam kajian ini.

Dari sisi mekanika dan dinamika, perilaku muatan di dek kapal merupakan hasil interaksi kompleks antara gerak kapal (*surge, sway, heave, roll, pitch, yaw*) dan karakteristik nonlinier sistem pengikatan. Berbagai studi eksperimen dan numerik menunjukkan bahwa konfigurasi pengikatan, sudut tali, dan titik tumpu mempengaruhi distribusi gaya pada *lashing* dan potensi kegagalan pada kondisi gerak ekstrem [6–10]. Analisis multibody dan pengujian kekuatan pengikatan telah memberikan parameter praktis yang sering dijadikan acuan dalam perancangan tata letak muatan dan perhitungan kebutuhan MSL per titik pengaman [9, 19].

Meskipun pedoman teknis telah tersedia, bukti lapangan memperlihatkan adanya gap antara ketentuan tertulis dan praktik operasional. Kasus-kasus lapangan mendokumentasikan kondisi seperti peralatan *lashing* yang aus, pemasangan tali pada sudut di luar rentang aman, serta penempatan kendaraan yang terlalu rapat sehingga menyulitkan pemasangan pengikat sesuai standar [11–13, 25-26]. Hal ini menunjukkan bahwa kendala operasional sehari-hari — bukan hanya kekurangan regulasi — menjadi provokator utama terjadinya *cargo shift* terutama saat kapal menghadapi kondisi laut yang memburuk.

Fenomena hidrodinamika tertentu, seperti *parametric rolling*, dapat meningkatkan amplitudo gerak roll secara tiba-tiba dan menghasilkan lonjakan beban lateral pada muatan dan sistem pengikatan. Penelitian dan pedoman terkait *parametric rolling* menekankan bahwa

susceptibilitas kapal terhadap fenomena ini harus menjadi bagian dari penilaian risiko pengikatan muatan, karena beban tak terduga tersebut bisa melampaui asumsi desain *lashing* konvensional [14–16]. Oleh karena itu, manajemen pengikatan muatan idealnya mempertimbangkan baik kondisi maritim yang diperkirakan maupun karakteristik dinamika kapal.

Perkembangan metode analitis dan eksperimental memberikan alat evaluasi yang semakin canggih: mulai dari pemodelan multibody, simulasi numerik gaya *lashing*, hingga pengujian eksperimental untuk mengukur tegangan tali dan reaksi muatan pada skenario gelombang nyata. Penelitian terapan menunjukkan bahwa optimisasi tata letak *lashing* mampu meningkatkan efisiensi penggunaan ruang dek tanpa mengorbankan margin keselamatan, namun adopsi teknik tersebut di lingkungan komersial masih belum merata karena hambatan biaya, teknis, dan kompetensi awak kapal [17–19].

Aspek *human factors* dan organisasi juga berperan penting. Studi tentang budaya keselamatan, kompetensi awak, dan faktor organisatoris menyatakan bahwa kegagalan manajemen, kesalahan prosedural, dan kurangnya pelatihan menjadi akar masalah dalam banyak insiden terkait muatan [20–22, 30]. Kerangka kerja analisis kecelakaan seperti yang dikemukakan oleh Reason menyoroti bahwa faktor latent organisasi sering memfasilitasi kegagalan teknis sehingga mitigasi tidak boleh hanya bersifat teknis, tetapi juga manajerial dan pelatihan [22]. Studi BM/organisasi lainnya merekomendasikan pembenahan sistem pelaporan, audit internal terhadap pelaksanaan CSM, dan program pembelajaran berkelanjutan bagi awak [20–21, 30].

Pendekatan risiko formal, termasuk *Formal Safety Assessment (FSA)* dan metode probabilistik, telah diusulkan untuk menilai dan memprioritaskan intervensi keselamatan terkait pengikatan muatan. FSA memungkinkan penggabungan data kecelakaan historis, analisis biaya-manfaat, dan prioritas mitigasi yang berbasis bukti [27], sementara kajian reliabilitas dan manajemen risiko modern menekankan pentingnya penilaian ketidakpastian dan sensitivitas dalam konteks operasi pelayaran [28–29]. Dengan memadukan teknik ini, operator dapat merumuskan strategi mitigasi yang lebih terukur dan efektif.

Berbagai badan keselamatan dan operator nasional/internasional juga telah mengeluarkan pedoman dan bulletin teknis yang menyoroti praktik terbaik *cargo securing* pada kapal *Ro-Ro*, termasuk rekomendasi mengenai pemeriksaan pra-pelayaran, pemeliharaan peralatan *lashing*, serta kewenangan *master* untuk menolak muatan yang diragukan keamanannya [23–24]. Rekomendasi tersebut didukung oleh analisis insiden yang dilaporkan oleh MAIB dan badan lain, yang menekankan perlunya integrasi antara peraturan, pelatihan, dan sistem pengawasan dalam mengurangi kejadian *cargo shift* [3–4].

Kondisi operasional di perairan regional —seperti tekanan waktu bongkar-muat, kepadatan kendaraan, dan keterbatasan suku cadang—sering menimbulkan kompromi antara efisiensi komersial dan keselamatan teknis. Laporan lapangan dan tesis kasus nasional menunjukkan bahwa praktik lokal dapat menyimpang dari pedoman internasional seiring adanya tekanan komersial dan keterbatasan sumber daya [25–26]. Oleh karena itu, studi berbasis studi kasus yang mengkombinasikan observasi, wawancara dengan awak, dan evaluasi kesesuaian terhadap pedoman internasional menjadi amat relevan untuk menghasilkan rekomendasi praktis yang dapat diimplementasikan oleh operator lokal maupun regulator.

Penelitian ini menempatkan KM. Mila Utama sebagai studi kasus untuk mengevaluasi

kesesuaian praktik pengikatan muatan kendaraan dengan pedoman IMO/*SOLAS/CSS Code*, serta untuk mengidentifikasi faktor teknis dan nonteknis yang mempengaruhi efektivitas *lashing* pada operasi nyata. Kerangka evaluasi menggabungkan observasi langsung, wawancara terstruktur, analisis dokumentasi *CSM*, serta perbandingan temuan lapangan dengan bukti ilmiah dan praktik terbaik yang dilaporkan dalam literatur [5–11, 17–18, 25–26]. Tujuan penelitian adalah (1) mendokumentasikan praktik pengikatan muatan pada KM. *Mila Utama*; (2) mengevaluasi tingkat kepatuhan praktik terhadap pedoman internasional; (3) mengidentifikasi faktor penghambat efektivitas pengikatan; dan (4) merumuskan rekomendasi teknis dan manajerial untuk meningkatkan keselamatan operasional kapal *Ro-Ro* secara berkelanjutan.

Dengan latar tersebut, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi empiris dan praktis yang berguna bagi operator kapal, otoritas pelabuhan, serta pembuat kebijakan keselamatan maritim, dengan menautkan temuan lapangan pada *state-of-the-art* penelitian teknis dan rekomendasi regulator internasional [12–16, 19, 27–30]. Pendekatan ini sekaligus mengisi kebutuhan kajian yang tidak hanya bersifat teoretis atau simulatif, tetapi juga berkaitan langsung dengan praktik operasional yang terjadi di dek kapal *Ro-Ro*.

METODOLOGI PENELITIAN

Pendekatan dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan desain studi kasus (*case study*) untuk mengevaluasi prosedur pengikatan muatan kendaraan terhadap keselamatan operasional kapal *Roll-on/Roll-off (Ro-Ro)*. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk memahami secara mendalam praktik operasional aktual di lapangan, termasuk interaksi antara prosedur tertulis, perilaku awak kapal, kondisi peralatan, serta faktor lingkungan yang memengaruhi efektivitas pengikatan muatan [22, 27]. Desain studi kasus dinilai tepat dalam penelitian keselamatan maritim karena mampu mengaitkan fenomena teknis dengan konteks organisasi dan operasional yang spesifik, serta sering digunakan dalam kajian evaluatif terhadap penerapan standar keselamatan internasional pada kapal niaga [20–21, 28].

Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di atas kapal *Ro-Ro* KM. *Mila Utama* yang melayani rute pelayaran domestik antarpelabuhan di Indonesia. Objek penelitian adalah prosedur pengikatan muatan kendaraan (*cargo securing / lashing*), yang mencakup aspek teknis pemasangan, kondisi peralatan pengikat, jarak dan tata letak kendaraan, serta mekanisme pemeriksaan selama pelayaran. Pemilihan kapal *Ro-Ro* sebagai objek penelitian didasarkan pada karakteristik dek terbuka dan tingkat kerentanan kapal jenis ini terhadap pergeseran muatan, sebagaimana dilaporkan dalam berbagai studi kecelakaan dan laporan keselamatan pelayaran [3–4, 11].

Subjek Penelitian

Subjek penelitian terdiri dari awak kapal yang terlibat langsung dalam pengelolaan dan pengikatan muatan kendaraan, yaitu:

1. Mualim I, sebagai perwira yang bertanggung jawab terhadap pengaturan dan pengawasan

muatan di atas kapal;

2. Kelasi, sebagai pelaksana teknis pemasangan dan pemeriksaan *lashing* di dek kendaraan.

Pemilihan subjek ini dilakukan secara purposive karena peran keduanya dianggap paling relevan dalam implementasi *Cargo Securing Manual (CSM)* dan pengambilan keputusan operasional terkait keselamatan muatan [20-21, 30].

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui teknik triangulasi, yaitu:

1. Observasi langsung. Observasi dilakukan selama proses pemuatan, pelayaran, dan pemeriksaan muatan untuk mengidentifikasi praktik pengikatan muatan, tata letak kendaraan, sudut pengikatan (*lashing angles*), kondisi peralatan *lashing*, serta kepatuhan terhadap prosedur yang tercantum dalam *CSM* dan *CSS Code* [1, 5].
2. Wawancara semi-terstruktur. Wawancara dilakukan dengan Mualim I dan Kelasi untuk menggali pemahaman, pengalaman, dan kendala operasional dalam penerapan prosedur pengikatan muatan, termasuk pengambilan keputusan saat menghadapi kondisi cuaca buruk atau keterbatasan ruang dek. Teknik wawancara ini umum digunakan dalam penelitian keselamatan maritim untuk mengungkap faktor *human factors* dan organisasi yang memengaruhi keselamatan operasional [21-22].
3. Studi dokumentasi. Dokumentasi yang dianalisis meliputi *Cargo Securing Manual*, catatan pemeliharaan peralatan *lashing*, foto pemasangan pengikat muatan, serta dokumen pendukung lainnya. Analisis dokumen bertujuan untuk membandingkan prosedur tertulis dengan praktik aktual di lapangan [1-2, 23].

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kualitatif evaluatif dengan tahapan sebagai berikut:

1. Reduksi data, yaitu penyaringan data hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi untuk memfokuskan pada aspek yang relevan dengan keselamatan pengikatan muatan kendaraan;
2. Penyajian data, dalam bentuk narasi analitis dan tabel perbandingan antara praktik lapangan dan ketentuan standar internasional (*IMO, SOLAS, CSS Code*);
3. Penarikan kesimpulan, dengan mengevaluasi tingkat kesesuaian (*compliance*) prosedur pengikatan muatan terhadap standar keselamatan yang berlaku serta mengidentifikasi potensi risiko operasional [22, 27, 29].

Evaluasi kesesuaian dilakukan dengan membandingkan temuan lapangan terhadap kriteria teknis seperti *Maximum Securing Load (MSL)*, jarak antar *securing points*, sudut pengikatan yang direkomendasikan (30° – 60°), dan kewajiban pemeriksaan berkala selama pelayaran sebagaimana diatur dalam *CSS Code* dan literatur teknis terkait [5–10, 17-18].

Validitas Data

Untuk menjamin keabsahan data, penelitian ini menerapkan:

- Triangulasi sumber, dengan membandingkan hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi;
- Triangulasi metode, melalui penggunaan lebih dari satu teknik pengumpulan data;
- Kecukupan referensial, dengan mengaitkan temuan lapangan pada hasil penelitian terdahulu dan pedoman keselamatan internasional [20-21, 28].

Pendekatan ini sejalan dengan praktik penelitian keselamatan dan *risk assessment* dalam bidang maritim yang menekankan konsistensi antara data empiris, standar teknis, dan analisis teoritis [27–29].

Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada satu kapal *Ro-Ro*, yaitu KM. *Mila Utama*, sehingga hasil penelitian bersifat kontekstual dan tidak dimaksudkan untuk generalisasi statistik. Namun demikian, temuan penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran empiris dan rekomendasi praktis yang relevan bagi kapal *Ro-Ro* dengan karakteristik operasional serupa [28, 30].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Temuan Lapangan

Berdasarkan hasil observasi langsung, wawancara dengan awak kapal, serta analisis dokumentasi *Cargo Securing Manual (CSM)*, ditemukan bahwa prosedur pengikatan muatan kendaraan di atas kapal *Ro-Ro* KM. *Mila Utama* secara umum telah diterapkan. Namun demikian, tingkat penerapannya belum sepenuhnya konsisten dengan ketentuan teknis yang direkomendasikan oleh *International Maritime Organization (IMO)*, khususnya yang tercantum dalam *Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing (CSS Code)* dan *SOLAS* [1-2, 5].

Temuan utama menunjukkan adanya beberapa ketidaksesuaian yang berpotensi meningkatkan risiko keselamatan operasional, terutama pada kondisi laut buruk. Ketidaksesuaian tersebut meliputi jarak antar kendaraan yang terlalu rapat, kondisi peralatan *lashing* yang sudah mengalami keausan, serta sudut dan ketegangan tali pengikat yang tidak seragam. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian terdahulu yang menyebutkan bahwa penyimpangan kecil dalam konfigurasi pengikatan dapat berdampak signifikan terhadap stabilitas muatan dan kapal *Ro-Ro* [6–8, 11].

Evaluasi Prosedur Pengikatan Muatan Kendaraan

Tata Letak dan Jarak Antar Kendaraan

Hasil observasi menunjukkan bahwa penempatan kendaraan di dek muat cenderung terlalu rapat, sehingga menyulitkan awak kapal dalam memasang *lashing* sesuai sudut dan arah gaya yang direkomendasikan. Kondisi ini berimplikasi pada pemasangan tali pengikat yang tidak optimal dan meningkatkan potensi *cargo shift* ketika kapal mengalami gerak *rolling* dan *pitching*.

Menurut *CSS Code*, jarak antar *securing points* dan ruang kerja di sekitar muatan harus memungkinkan pemasangan dan pemeriksaan *lashing* secara aman dan efektif [1, 5]. Temuan ini konsisten dengan laporan kecelakaan yang menunjukkan bahwa kepadatan muatan sering kali menjadi faktor laten terjadinya kegagalan pengikatan pada kapal *Ro-Ro* [3, 11-12].

Kondisi dan Kelayakan Peralatan Lashing

Evaluasi dokumentasi dan pengamatan visual menunjukkan bahwa sebagian peralatan *lashing* mengalami keausan, seperti karat pada rantai dan penurunan elastisitas pada tali pengikat. Kondisi ini berpotensi menurunkan nilai *Maximum Securing Load (MSL)* aktual dibandingkan nilai nominal yang disyaratkan.

Literatur teknis menegaskan bahwa peralatan *lashing* yang aus dapat gagal menahan gaya dinamis akibat gerak kapal, terutama saat menghadapi kondisi laut yang tidak menentu [7, 9, 18]. Oleh karena itu, pemeliharaan dan penggantian peralatan pengikat menjadi faktor krusial dalam menjaga keselamatan operasional kapal *Ro-Ro*.

Sudut dan Tegangan Pengikatan

Hasil observasi menunjukkan bahwa sudut pengikatan (*lashing angles*) pada beberapa kendaraan melebihi batas yang direkomendasikan, yaitu di luar rentang 30°–60°. Selain itu, ketegangan tali pengikat tidak seragam pada seluruh sisi kendaraan, sehingga distribusi beban menjadi tidak merata.

Penelitian eksperimental dan numerik menyatakan bahwa sudut pengikatan yang terlalu besar atau terlalu kecil dapat meningkatkan beban tarik pada sistem *lashing* dan mempercepat kegagalan pengikat [6, 8, 10]. Ketidakteraturan tegangan juga meningkatkan risiko pergeseran muatan saat kapal mengalami *parametric rolling* atau gelombang tinggi [14–16].

Pemeriksaan dan Pengawasan Selama Pelayaran

Dari hasil wawancara, diketahui bahwa pemeriksaan *lashing* selama pelayaran belum dilakukan secara terjadwal dan sistematis, khususnya pada kondisi cuaca normal. Padahal, *CSS Code* merekomendasikan pemeriksaan dan pengetatan ulang *lashing* secara berkala, terutama setelah kapal mengalami gerak signifikan [1, 5]. Keterbatasan pemeriksaan ini berpotensi memperbesar risiko kegagalan pengikatan secara progresif, sebagaimana ditunjukkan dalam beberapa laporan investigasi kecelakaan *Ro-Ro* oleh MAIB [3-4].

Tabel 1. Evaluasi kesesuaian prosedur pengikatan muatan kendaraan terhadap standar IMO

Aspek Evaluasi	Ketentuan IMO (<i>CSS Code / SOLAS</i>)	Temuan Lapangan	Tingkat Kesesuaian	Implikasi Keselamatan
Jarak antar kendaraan	Ruang cukup untuk pemasangan & inspeksi <i>lashing</i>	Kendaraan terlalu rapat	Kurang sesuai	Sulit inspeksi, risiko <i>cargo shift</i>
Kondisi peralatan <i>lashing</i>	Peralatan layak, sesuai MSL	Sebagian aus & berkarat	Kurang sesuai	Penurunan kekuatan pengikat
Sudut pengikatan	30°–60°	Beberapa > 60°	Tidak sesuai	Beban tarik berlebih
Tegangan pengikat	Seragam & dapat dikencangkan ulang	Tegangan tidak merata	Kurang sesuai	Distribusi beban tidak optimal
Pemeriksaan selama pelayaran	Berkala & terdokumentasi	Tidak terjadwal	Kurang sesuai	Risiko kegagalan progresif
Kepatuhan terhadap <i>CSM</i>	Implementasi penuh	Implementasi parsial	Kurang sesuai	Penurunan keselamatan operasional

Sumber: Analisis peneliti berdasarkan [1-6, 11]

Implikasi Keselamatan Operasional

Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa meskipun prosedur pengikatan muatan telah diterapkan, masih terdapat gap antara ketentuan standar internasional dan praktik operasional di lapangan. Ketidaksesuaian tersebut dapat meningkatkan risiko pergeseran muatan, gangguan stabilitas kapal, dan potensi kecelakaan, khususnya pada kondisi laut buruk

dan fenomena *parametric rolling* [14–16].

Temuan ini menguatkan hasil penelitian sebelumnya yang menekankan bahwa keselamatan pengikatan muatan pada kapal *Ro-Ro* tidak hanya bergantung pada ketersediaan regulasi, tetapi juga pada konsistensi implementasi, kompetensi awak kapal, dan sistem pengawasan yang berkelanjutan [20–22, 30].

Tabel 1. Evaluasi kesesuaian prosedur pengikatan muatan kendaraan terhadap Standar IMO.

Aspek	Temuan Kunci	Risiko Keselamatan	Rekomendasi Singkat
Tata letak muatan	Kendaraan terlalu rapat	Cargo shift	Atur jarak sesuai CSS Code
Peralatan lashing	Aus & berkarat	Kegagalan pengikat	Pemeliharaan berkala
Sudut pengikatan	> 60°	Beban berlebih	Standarisasi 30°–60°
Inspeksi	Tidak terjadwal	Kegagalan progresif	Inspeksi rutin

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi prosedur pengikatan muatan kendaraan terhadap keselamatan operasional kapal *Roll-on/Roll-off (Ro-Ro)* pada KM. *Mila Utama*, dapat disimpulkan bahwa prosedur pengikatan muatan telah diterapkan namun belum sepenuhnya memenuhi ketentuan teknis yang direkomendasikan oleh *International Maritime Organization (IMO)*, *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)*, dan *Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing (CSS Code)*. Evaluasi kesesuaian menunjukkan bahwa sebagian besar aspek berada pada kategori kurang sesuai hingga tidak sesuai, khususnya pada tata letak muatan, kondisi peralatan *lashing*, sudut dan tegangan pengikatan, serta mekanisme pemeriksaan selama pelayaran.

Temuan utama penelitian mengindikasikan bahwa jarak antar kendaraan yang terlalu rapat menjadi faktor awal yang memicu ketidaksesuaian lainnya, karena membatasi ruang kerja awak kapal dalam memasang *lashing* sesuai sudut dan arah gaya yang direkomendasikan. Kondisi peralatan pengikat yang aus berpotensi menurunkan nilai *Maximum Securing Load (MSL)* aktual, sehingga mengurangi kemampuan sistem pengikatan dalam menahan gaya dinamis akibat gerak kapal. Selain itu, sudut pengikatan yang berada di luar rentang ideal 30°–60° serta ketegangan tali yang tidak seragam menyebabkan distribusi beban yang tidak optimal dan meningkatkan risiko pergeseran muatan, terutama pada kondisi laut buruk dan fenomena *parametric rolling*.

Keterbatasan pemeriksaan dan pengetatan *lashing* secara berkala selama pelayaran juga menjadi kelemahan signifikan dalam sistem keselamatan operasional. Kondisi ini berpotensi menimbulkan kegagalan pengikatan secara progresif yang sulit terdeteksi sebelum terjadi insiden. Secara keseluruhan, hasil penelitian menegaskan bahwa keselamatan pengikatan muatan kendaraan pada kapal *Ro-Ro* tidak hanya ditentukan oleh keberadaan regulasi, tetapi sangat bergantung pada konsistensi implementasi, kesiapan peralatan, dan kompetensi awak kapal dalam menerapkan prosedur secara disiplin dan berkelanjutan.

Saran

Untuk meningkatkan keselamatan operasional kapal *Roll-on/Roll-off (Ro-Ro)*, disarankan agar perusahaan pelayaran dan awak kapal melakukan optimalisasi tata letak muatan dengan

menjaga jarak antar kendaraan sehingga pemasangan dan pemeriksaan *lashing* dapat dilakukan sesuai ketentuan *Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing (CSS Code)*. Selain itu, peralatan *lashing* perlu diperiksa dan dipelihara secara berkala guna memastikan seluruh pengikat memenuhi nilai *Maximum Securing Load (MSL)* yang dipersyaratkan. Awak kapal juga harus menerapkan teknik pengikatan yang standar dengan sudut pengikatan 30°–60° dan tegangan yang seragam, serta melaksanakan pemeriksaan dan pengetatan ulang *lashing* secara terjadwal selama pelayaran, khususnya pada kondisi cuaca buruk. Upaya tersebut perlu didukung dengan pelatihan berkelanjutan dan penguatan budaya keselamatan (*safety culture*) agar penerapan prosedur pengikatan muatan dapat dilakukan secara konsisten dan berkelanjutan sesuai standar *International Maritime Organization (IMO)*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] International Maritime Organization. (2011). *Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing (CSS Code)*. London: IMO.
- [2] International Maritime Organization. (2020). *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS): Consolidated Edition*. London: IMO.
- [3] Marine Accident Investigation Branch. (2023). *Annual Safety Report 2022*. Southampton: MAIB.
- [4] Marine Accident Investigation Branch. (2021). *Investigation into cargo shift accidents on Ro-Ro vessels*. Safety Bulletin. Southampton: MAIB.
- [5] Andersson, P., Alexandersson, A., & Johansson, R. (1996). Cargo securing and cargo shift on passenger/Ro-Ro vessels. *Transportation Research Record*, (1532), 1–8.
- [6] Sternsson, J. E., & Temarel, P. (2007). Dynamics of lashed trailers on ships under roll motion. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 221(4), 187–198. <https://doi.org/10.1243/14750902JEME107>.
- [7] Spyrou, K. J. (2005). Dynamic behavior of cargo securing systems on Ro-Ro ships. *Marine Structures*, 18(3), 157–174. <https://doi.org/10.1016/j.marstruc.2005.04.002>.
- [8] Themelis, N., & Spyrou, K. J. (2003). Lashing of trailers on board Ro-Ro ships under intensive rolling. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 217(M), 201–215.
- [9] Pérez-Canosa, J. M., Díaz-Casás, J., & Carral-Couce, A. (2025). Optimizing cargo securing layouts using international maritime standards. *Logistics*, 9(3), 1–18. <https://doi.org/10.3390/logistics9030083>.
- [10] Zeraatgar, G., Seif, M. S., & Khalkhali, A. (2020). Cargo securing analysis for vehicles on Ro-Ro ships under wave-induced motions. *Ocean Engineering*, 215, 107872. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107872>.
- [11] Lundh, B. (2016). Cargo securing failures and operational safety on Ro-Ro ships. *Safety Science*, 85, 155–164. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.12.014>.
- [12] Eliopoulou, E., & Papanikolaou, A. (2017). Statistical analysis of ship accidents and cargo shift. *Marine Policy*, 76, 116–123. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.11.022>.
- [13] Uğurlu, S. (2018). Risk analysis of Ro-Ro ship accidents using Bayesian networks. *Ocean Engineering*, 163, 238–248. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.05.044>.
- [14] France, P., Levadou, M., Treake, T., Paulling, J., & Michel, R. (2003). An investigation of parametric rolling and its influence on ship safety. *Naval Engineers Journal*, 115(4), 43–56.
- [15] International Maritime Organization. (2017). *Revised guidance on parametric rolling*

- (MSC.1/Circ.1228). London: IMO.
- [16] Belenky, V. L. (2011). Parametric roll resonance in modern ships. *Journal of Ship Research*, 55(4), 209–223. <https://doi.org/10.5957/jsr.2011.55.4.209>.
 - [17] Francescutto, A., & Contento, G. (2013). Cargo securing optimization considering ship motions. *Marine Structures*, 29, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.marstruc.2012.11.003>.
 - [18] Ruggeri, M., Altosole, M., & Figari, M. (2019). Experimental assessment of cargo lashing loads on Ro-Ro vessels. *Applied Ocean Research*, 82, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2018.11.004>.
 - [19] Zhang, S., & Yang, J. (2020). Multibody dynamic simulation of vehicle lashing on Ro-Ro ships. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(11), 879. <https://doi.org/10.3390/jmse8110879>.
 - [20] Knapp, S., & Hassel, M. (2017). Benchmarking safety performance in maritime operations. *Maritime Policy & Management*, 44(6), 739–755. <https://doi.org/10.1080/03088839.2017.1308869>.
 - [21] Psarros, G. N., Skjong, R., & Haugen, S. (2018). Human factors and injury risks in maritime operations. *Safety Science*, 110, 253–263. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.08.020>.
 - [22] Reason, J. (2007). Organizational factors in accident causation. *Safety Science*, 45(1), 3–15. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2006.07.001>.
 - [23] Australian Maritime Safety Authority. (2020). *Cargo securing guidance for Ro-Ro ships*. Canberra: AMSA.
 - [24] International Marine Contractors Association. (2019). *Guidance on safe cargo securing*. London: IMCA.
 - [25] Madja, D. A. U. D. (2020). *Pergeseran muatan mobil di kapal KM Mutiara Ferindo I* (Skripsi). Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
 - [26] Wardhana, M. A. (2024). *Pengamanan muatan dengan lashing di kapal Ro-Ro MV Sulawesi Leader* (Skripsi). Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
 - [27] Wang, J. (2002). Formal safety assessment for ship operations. *Ocean Engineering*, 29(6), 681–701. [https://doi.org/10.1016/S0029-8018\(01\)00048-4](https://doi.org/10.1016/S0029-8018(01)00048-4).
 - [28] Vanem, E., & Skjong, R. (2014). Design for safety of maritime transport systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 121, 111–120. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2013.07.014>.
 - [29] Aven, T. (2005). Risk assessment and risk management: Review of recent advances. *Reliability Engineering & System Safety*, 90(2–3), 231–240. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2005.01.006>.
 - [30] Schröder-Hinrichs, J. U., Baldauf, M., & Ghirxi, K. T. (2012). Maritime human factors and safety culture. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 11(2), 151–170. <https://doi.org/10.1007/s13437-012-0031-8>.