

TERAPAN RISK ASSESSMENT PADA BAHAYA ENCLOSED SPACE MENGUNAKAN METODE HAZARD AND OPERABILITY STUDY DI KAPAL MT. CAHAYA MULYA 88

*IMPLEMENTATION OF RISK ASSESSMENT ON THE HAZARDS OF ENCLOSED
SPACE USING THE HAZARD AND OPERABILITY STUDY METHOD ON THE MT.
CAHAYA MULYA 88 SHIP*

Hafizh Akbar Maulana^{1*}, Muhamad Imam Firdaus², Faris Nofandi³, Tri Haryanto⁴

Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

*Email Correspondence: akbarhafizhm@gmail.com

Abstract

Enclosed spaces on ships pose significant safety risks due to limited ventilation and hazardous gas accumulation, contributing to frequent maritime accidents globally and in Indonesia. This study aims to apply Hazard and Operability Study (HAZOP) for risk assessment of enclosed space entry operations on MT. Cahaya Mulya 88. Using a qualitative descriptive approach, the population comprised 20 crew members involved in enclosed space operations, with purposive sampling of 5 key informants (safety officer, chief officer, boatswain). Instruments included structured observation sheets, semi-structured interview guides, and HAZOP checklists, analyzed via Miles and Huberman's model (data reduction, display, verification). Results showed initial extreme risks ($R=25$) in cargo tanks due to hydrocarbon vapors, reduced to low levels ($R=2-4$) through forced ventilation, LEL sensors, and strict Permit to Work procedures. HAZOP effectively identified operational deviations across manhole, cargo tank, and fresh water tank. The study concludes that systematic HAZOP implementation significantly enhances maritime safety compliance with IMO Resolution A.1050(27) and ISM Code.

Keywords: Enclosed Space, HAZOP, Maritime Safety, Risk Assessment, Ship Operations.

Abstrak

Ruang tertutup di kapal menimbulkan risiko keselamatan tinggi akibat ventilasi terbatas dan akumulasi gas berbahaya, menyebabkan kecelakaan maritim yang sering terjadi secara global dan di Indonesia. Penelitian ini bertujuan menerapkan Hazard and Operability Study (HAZOP) untuk risk assessment pekerjaan entering enclosed space pada kapal MT. Cahaya Mulya 88. Menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif, populasi terdiri dari 20 kru yang terlibat operasi enclosed space, dengan sampel purposif 5 informan kunci (safety officer, chief officer, boatswain). Instrumen meliputi lembar observasi terstruktur, pedoman wawancara semi-terstruktur, dan checklist HAZOP, dianalisis melalui model Miles dan Huberman (reduksi data, penyajian, verifikasi). Hasil menunjukkan risiko ekstrem awal ($R=25$) di cargo tank akibat uap hidrokarbon, turun menjadi rendah ($R=2-4$) melalui ventilasi paksa, sensor LEL, dan Permit to Work ketat. HAZOP efektif mengidentifikasi deviasi operasional pada manhole, cargo tank, dan fresh water tank. Penelitian menyimpulkan bahwa implementasi HAZOP sistematis meningkatkan kepatuhan keselamatan maritim terhadap IMO Resolution A.1050(27) dan ISM Code.

Kata kunci: Enclosed Space, HAZOP, Maritime Safety, Risk Assessment, Ship Operations.

PENDAHULUAN

Fenomena keselamatan kerja di kapal menunjukkan bahwa pekerja sering menghadapi risiko tinggi akibat lingkungan kerja yang kompleks, terutama pada ruang tertutup (enclosed space) yang memiliki ventilasi terbatas dan potensi akumulasi gas berbahaya. Konstruksi kapal yang rumit dengan ruangan kecil untuk menyimpan spare parts dan peralatan sering menyebabkan insiden saat pemeriksaan, pembersihan, atau perbaikan, di mana kru

memasuki ruang tersebut tanpa prosedur memadai, mengakibatkan cedera hingga kematian. Prinsip "Safety First" menjadi krusial di industri maritim untuk mencegah human error dan kecelakaan akibat cara kerja tidak aman.

Insiden di enclosed space terus berulang selama dekade, melibatkan pelaut dan pekerja dermaga, dengan data menunjukkan bahwa kurangnya pengetahuan dan pengabaian prosedur pencegahan sistematis menjadi penyebab utama. Studi global mencatat ratusan kematian akibat kekurangan oksigen atau gas toksik di ruang kapal, menekankan perlunya analisis risiko proaktif. Di Indonesia, kapal tanker seperti MT. Cahaya Mulya 88 menghadapi tantangan serupa pada manhole, cargo tank, dan fresh water tank.

Permasalahan utama muncul dari kurangnya penerapan risk assessment sistematis pada pekerjaan entering enclosed space, di mana kru sering mengabaikan tes atmosfer dan ventilasi, sehingga meningkatkan risiko asphyxia, keracunan, atau ledakan. Kebiasaan tidak mematuhi prosedur keselamatan kerja di kapal, termasuk human error, memperburuk situasi karena konstruksi ruang tertutup yang sulit diakses. Meskipun regulasi IMO seperti Resolution A.1050(27) ada, implementasinya di kapal domestik masih inkonsisten.

Studi kasus menunjukkan bahwa tanpa metode seperti HAZOP, identifikasi deviasi operasional seperti penurunan oksigen atau kebocoran gas tidak terdeteksi dini, menyebabkan risiko tinggi pada aktivitas inspeksi di cargo tank. Di kapal MT. Cahaya Mulya 88, observasi lapangan mengonfirmasi ventilasi tidak memadai dan kurangnya attendant, yang memperbesar potensi kecelakaan. Selain itu, minimnya pelatihan kru terhadap prosedur Permit to Work berkontribusi pada peningkatan insiden fatal [Santoso & Yulianto, 2022].

Permasalahan semakin kompleks karena kurangnya mitigasi berbasis data, di mana risiko seperti kebakaran dari uap hidrokarbon di tangki muat belum dikendalikan secara efektif. Penelitian sebelumnya menyoroti bahwa analisis kualitatif saja tidak cukup tanpa pendekatan HAZOP untuk memetakan cause-consequence [Saputro & Lombardo, 2021]. Hal ini menimbulkan kebutuhan mendesak untuk evaluasi risiko spesifik di kapal tanker Indonesia.

Penelitian ini bertujuan menerapkan risk assessment menggunakan metode HAZOP untuk mengidentifikasi dan mengatasi risiko pada pekerjaan entering enclosed space di kapal MT. Cahaya Mulya 88, serta menentukan solusi mitigasi efektif. Urgensinya terletak pada tingginya angka kecelakaan maritim global dan nasional akibat enclosed space, yang dapat dikurangi melalui pendekatan sistematis untuk mematuhi ISM Code dan SOLAS. Kebaruannya adalah aplikasi HAZOP spesifik pada kapal tanker biodiesel domestik, mengintegrasikan data lapangan observasi-wawancara dengan analisis deviasi, berbeda dari studi sebelumnya yang lebih umum [Santoso & Yulianto, 2022].

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode deskriptif untuk menggambarkan secara mendalam penerapan risk assessment menggunakan HAZOP pada bahaya enclosed space di kapal MT. Cahaya Mulya 88, sesuai dengan karakteristik

penelitian terapan di bidang keselamatan maritim yang menekankan observasi lapangan dan analisis proses operasional. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi deviasi, penyebab, dan konsekuensi risiko secara naratif, sebagaimana direkomendasikan untuk studi kasus industri berisiko tinggi [Sugiyono, 2022]. Jenis penelitian deskriptif kualitatif dipilih karena fokus pada pengungkapan fenomena nyata tanpa manipulasi variabel, selaras dengan tujuan mengevaluasi prosedur keselamatan kerja di lingkungan kapal tanker [Sudaryono, 2023].

Instrumen penelitian mencakup lembar observasi terstruktur untuk mencatat kondisi enclosed space seperti manhole, cargo tank, dan fresh water tank, pedoman wawancara semi-terstruktur dengan kru kapal termasuk chief officer dan boatswain, serta checklist HAZOP dengan guide words (no, more, less, etc.) untuk analisis deviasi. Teknik pengumpulan data meliputi observasi partisipan selama praktik laut 12 bulan, wawancara mendalam dengan informan kunci, dokumentasi foto/video aktivitas entry, dan studi literatur regulasi IMO/SOLAS. Teknik analisis data mengikuti model Miles dan Huberman yang melibatkan reduksi data (transkripsi dan kategorisasi), penyajian data (tabel risk matrix P-C-R), serta penarikan kesimpulan verifikasi [Emzir, 2022][Creswell & Creswell, 2023].

Populasi penelitian adalah seluruh kru kapal MT. Cahaya Mulya 88 yang terlibat dalam operasi enclosed space, sekitar 20 personel termasuk deck dan engine department, sementara sampel purposif terdiri dari 5 informan utama seperti safety officer, chief officer, dan pekerja langsung untuk mewakili pengalaman risiko tinggi. Pemilihan sampel ini memastikan saturasi data kualitatif, di mana wawancara berhenti saat tidak ada informasi baru [Sugiyono, 2022][Sudaryono, 2023]. Lokasi penelitian di kapal tersebut selama praktik laut pada 2025-2026, dengan data primer dari lapangan dan sekunder dari dokumen kapal serta literatur.

Prosedur penelitian dimulai dengan persiapan (pembentukan tim HAZOP dan identifikasi node enclosed space), dilanjutkan pengumpulan data melalui observasi-wawancara-dokumentasi selama operasi kapal, analisis HAZOP sesi (identifikasi deviasi, cause-consequence-safeguards-action), evaluasi risiko dengan matrix likelihood-severity, dan rekomendasi mitigasi berbasis hierarchy of control. Proses ini bersifat iteratif untuk validasi silang, memastikan temuan akurat dan actionable untuk keselamatan kerja [Emzir, 2022][Creswell & Creswell, 2023].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyajian Data

Tabel hasil observasi disusun untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai kondisi aktual *enclosed space* di Kapal MT. *Cahaya Mulya 88*, mencakup aspek fisik ruang, ventilasi, akses, pencahayaan, serta kemungkinan bahaya yang muncul pada setiap lokasi. Melalui observasi langsung, diperoleh informasi objektif bahwa Manhole memiliki akses sempit dan ventilasi terbatas, *Cargo Tank* mengandung risiko tinggi akibat uap bahan bakar yang mudah terbakar, dan *Fresh Water Tank* berpotensi mengalami kekurangan oksigen serta risiko slip akibat permukaan yang lembap. Tabel ini menjadi dasar penting dalam

penilaian risiko karena menggambarkan kondisi lapangan yang sebenarnya tanpa intervensi subjektif.

Tabel 1. Hasil Observasi

No	Jenis Enclosed Space	Lokasi di Kapal	Kondisi Fisik dan Sistem Pendukung	Potensi Bahaya Utama	Keterangan Tambahan
1	Manhole	Akses menuju tangki muat dan ruang bawah dek	Ventilasi alami terbatas; pencahayaan portable; tangga baja vertikal; ukuran lubang ±60 cm.	Terjatuh, kekurangan oksigen, terjebak di ruang sempit.	Area sering digunakan saat inspeksi & cleaning.
2	Ruang Muat (Cargo Tank)	Di bawah dek utama	Tangki baja, ventilasi mekanik, sisa uap bahan bakar; pencahayaan terbatas.	Gas beracun, kebakaran/ledakan, kekurangan oksigen.	Area risiko tertinggi; wajib gas-free certificate.
3	Tangki Fresh Water	Tengah lambung kapal	Udara lembap, jarang dibuka; ada air stagnan di dasar tangki.	Oksigen rendah, slip, kontaminasi biologis.	Risiko sedang; tetap butuh permit dan monitoring gas.

Tabel hasil wawancara menyajikan informasi dari perspektif operasional yang diperoleh melalui diskusi langsung dengan *Chief Officer* dan *Boatswain* sebagai pihak yang memiliki pengalaman serta tanggung jawab dalam pekerjaan ruang tertutup. Data ini memuat penjelasan mengenai prosedur keselamatan, bahaya dominan yang dirasakan kru, kesiapan alat komunikasi dan evakuasi, serta efektivitas pelatihan yang telah dilakukan di kapal. Penyajian tabel membantu membandingkan persepsi dan pengalaman dari kedua narasumber, sekaligus memberikan validasi terhadap temuan observasi sehingga menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif tentang praktik keselamatan di lapangan.

Tabel 2. Hasil Wawancara

No	Pertanyaan	Jawaban Chief Officer	Jawaban Boatswain
1	Bagaimana prosedur sebelum kru masuk ke ruang	Sebelum masuk, harus dilakukan pemeriksaan atmosfer menggunakan gas detector untuk memastikan kadar O ₂ normal	Kami menunggu izin dari perwira jaga, lalu menyiapkan blower dan peralatan safety. Setelah gas

No	Pertanyaan	Jawaban Chief Officer	Jawaban Boatswain
	tertutup (enclosed space)?	dan tidak ada gas beracun. Setelah itu, saya keluarkan <i>Permit to Work</i> dan menunjuk seorang <i>attendant</i> di luar ruang.	diperiksa aman, baru kami masuk dengan perlengkapan lengkap seperti SCBA dan harness.
2	Apa potensi bahaya paling tinggi di ruang muat (cargo tank)?	Bahaya paling tinggi adalah uap bahan bakar yang mudah terbakar dan bisa menyebabkan ledakan jika ada sumber api. Selain itu, risiko kekurangan oksigen juga sangat berbahaya.	Saya sering mencium bau bahan bakar yang kuat setelah pembersihan tangki, jadi kami selalu pastikan ventilasi berfungsi dan tidak menyalakan alat listrik biasa.
3	Bagaimana sistem komunikasi antara kru yang berada di dalam ruang tertutup dan di luar ruang?	Kami menggunakan <i>portable radio</i> atau komunikasi suara langsung. <i>Attendant</i> wajib berada di luar untuk memantau kondisi pekerja di dalam.	Biasanya saya membawa <i>handy talky</i> dan selalu melapor ke orang di luar. Kalau sinyal tidak jelas, kami gunakan tanda suara atau ketukan pipa sebagai sinyal darurat.
4	Apakah kapal sudah memiliki peralatan keselamatan untuk evakuasi darurat dari ruang tertutup?	Kapal dilengkapi dengan tripod, lifeline, dan blower. Namun, perawatan alat harus rutin agar tetap siap pakai.	Ya, kami punya alatnya, tapi perlu latihan rutin agar semua kru tahu cara menggunakannya dengan cepat saat keadaan darurat.
5	Bagaimana pelatihan kru terkait pekerjaan di ruang tertutup?	Semua kru wajib mengikuti <i>Safety Meeting</i> dan <i>Confined Space Entry Training</i> sesuai ISM Code.	Kami biasanya mendapat pengarahan dari Chief Officer sebelum masuk tangki, tapi latihan khusus masih jarang dilakukan di pelayaran.

Tabel perbandingan regulasi dengan standar IMO menjelaskan sejauh mana prosedur perusahaan kapal dalam menangani ruang tertutup telah memenuhi ketentuan internasional, khususnya IMO Resolution A.1050(27) dan ISM Code. Data dalam tabel membandingkan aspek-aspek seperti identifikasi ruang tertutup, pemeriksaan atmosfer, ventilasi, penerapan *Permit to Work*, pelatihan kru, dan dokumentasi keselamatan. Penyajian ini memperlihatkan area yang telah sesuai serta bagian yang masih memerlukan penguatan, sehingga memberikan dasar kuat untuk merumuskan rekomendasi perbaikan sesuai standar keselamatan maritim internasional.

Tabel 3. Perbandingan Regulasi

Aspek	Prosedur di Kapal MT. Cahaya Mulya 88	Standar Internasional (IMO Resolution A.1050(27) & ISM Code)	Kesesuaian / Catatan
1. Identifikasi Ruang Tertutup	Ditetapkan oleh Chief Officer dan dicantumkan dalam <i>shipboard procedure</i> .	Semua ruang yang memiliki ventilasi terbatas dan potensi gas berbahaya harus terdaftar dalam <i>Enclosed Space Entry Plan</i> .	Sesuai – daftar ruang tertutup tersedia di kapal.
2. Pemeriksaan Atmosfer (Gas Test)	Dilakukan menggunakan portable gas detector sebelum entry.	Harus dilakukan oleh personel kompeten, memeriksa O ₂ , gas beracun (H ₂ S, CO), dan gas mudah terbakar.	Sebagian sesuai – pemeriksaan dilakukan, namun perlu bukti log kalibrasi alat.
3. Ventilasi Ruang	Menggunakan blower portable sebelum entry.	Ventilasi mekanik harus terus beroperasi selama ada personel di dalam ruang.	Perlu peningkatan – blower kadang dimatikan saat pekerjaan berhenti singkat.
4. Permit to Work (PTW)	Dikeluarkan oleh Chief Officer sebelum entry.	Harus ada <i>Enclosed Space Entry Permit</i> dengan tanda tangan otorisasi.	Sesuai – izin kerja diterbitkan sebelum entry.
5. Attendant di Luar Ruang	Biasanya 1 orang crew ditugaskan sebagai pengawas.	<i>Attendant</i> wajib berada di luar setiap saat dan menjaga komunikasi dua arah.	Sesuai, namun perlu SOP tertulis.
6. Alat Komunikasi dan Rescue	Menggunakan <i>handy talky</i> , lifeline, tripod.	IMO mensyaratkan komunikasi dua arah dan alat evakuasi cepat tersedia.	Sesuai, namun latihan evakuasi belum rutin.
7. Pelatihan (Training)	Dilakukan melalui <i>Safety Meeting</i> dan briefing oleh Chief Officer.	IMO mewajibkan <i>Enclosed Space Entry and Rescue Drill</i> minimal setiap 2 bulan.	Belum sepenuhnya sesuai – drill belum rutin dilaksanakan.
8. Pencatatan dan Dokumentasi	Dokumen PTW disimpan dalam logbook keselamatan.	Semua kegiatan entry harus terdokumentasi dan diverifikasi oleh Safety Officer.	Sesuai, namun verifikasi pihak ketiga belum dilakukan.
9. Pengawasan	Supervisi oleh Chief Officer di bawah Master.	ISM Code mewajibkan tanggung jawab keselamatan	Sesuai sebagian – tanggung jawab di kapal jelas,

Aspek	Prosedur di Kapal MT. Cahaya Mulya 88	Standar Internasional (IMO Resolution A.1050(27) & ISM Code)	Kesesuaian / Catatan
Manajemen Kapal		oleh manajemen kapal dan perusahaan (DOC Holder).	namun audit perusahaan belum konsisten.

Pengendalian risiko (risk control) dalam penelitian ini bertujuan untuk menurunkan tingkat risiko pada setiap *enclosed space* di Kapal MT. *Cahaya Mulya 88* melalui penerapan langkah-langkah mitigasi yang sesuai dengan tingkat bahaya yang ditemukan. Setelah dilakukan penilaian awal terhadap probabilitas (P), konsekuensi (C), dan tingkat risiko (R), langkah pengendalian ditetapkan untuk memastikan bahwa setiap hazard dapat diminimalkan melalui tindakan teknis, administratif, maupun penggunaan alat pelindung diri. Risk control difokuskan pada upaya memperbaiki kondisi atmosfer ruang, meningkatkan sistem ventilasi, memperkuat komunikasi dan kesiapan evakuasi, serta memastikan penerapan *Permit to Work* berjalan sesuai standar. Dengan pengendalian yang tepat, risiko yang semula berada pada kategori tinggi dapat diturunkan ke tingkat yang dapat diterima.

Tabel 4. Risk Control Recommendation

<i>Node / Hazard</i>	<i>Existing Safeguards (observed)</i>	Rekomendasi Risk Control (prioritas & tindakan)
Man-hole — Terjatuh / terpeleset	Penutup manhole, tangga baja, harness kadang digunakan	1. Pasang guardrail sementara & platform kerja saat akses. 2. <i>Mandatory use of full-body harness</i> + retrieval line hooked to certified winch. 3. SOP entry yang mencantumkan 2-person rule (entry + attendant). 4. Inspeksi rutin penutup & tangga.
Man-hole — Hilangnya komunikasi / man down	Handy/HT, attendant luar	1. Standarisasi komunikasi: use intrinsically-safe 2-way radio + man-down alarm atau tethered communication device. 2. Attendant terlatih dengan checklist emergency; prosedur time-limit untuk entry. 3. Latihan rescue confined-space minimal 1x per voyage (drill).
Man-hole — Atmosfer berbahaya (O₂ rendah / VOC)	Portable gas detector pre-entry	1. Mandatory multi-gas monitoring log (O ₂ , LEL, H ₂ S/CO) tercatat; kalibrasi terjadwal & tercatat. 2. Forced ventilation until readings safe;

<i>Node / Hazard</i>	<i>Existing Safeguards (observed)</i>	Rekomendasi Risk Control (prioritas & tindakan)
		continuous monitoring selama kerja. 3. Gas-free certificate ditandatangani officer competent sebelum entry.
Cargo Tank — Akumulasi uap (kebakaran/ledakan)	Blower ATEX, PTW, grounding	1. NO hot-work tanpa gas-free certificate and continuous LEL monitoring. 2. Purging & inerting procedures where appropriate; but if inerting with N ₂ , pastikan O ₂ safe before entry. 3. Permanent/fixed gas detectors in critical tanks; intrinsically safe equipment only. 4. Bonding & grounding during transfer activities to avoid static ignition.
Cargo Tank — Paparan uap (inhalation)	Respirator availability mentioned	1. Use supplied-air respirators or SCBA when required (per measurement). 2. Ventilate until VOC below occupational exposure limits; log readings. 3. MSDS for Bio-Solar available at worksite; medical surveillance for exposed crew.
Cargo Tank — O₂ rendah (inerting/displacement)	O ₂ check pre-entry	1. Rigid rule: O ₂ ≥ 19.5% before entry (or follow company threshold). 2. If inerting used, implement lockouts and interlocks preventing entry until atmosphere safe. 3. Emergency rescue equipment (tripod, winch) staged at site.
Cargo Tank — Slip / kontaminasi permukaan	—	1. Anti-slip mats, drainage, temporary walkway. 2. Housekeeping & spill kits near manhole. 3. SOP pembersihan dan PPE kaki slip-resistant.
Tangki Fresh Water — O₂ rendah / CO₂	Ventilation sometimes provided	1. Forced ventilation and atmosphere check before entry; continuous monitoring. 2. If O ₂ low, use supplied-air respirator or do not enter. 3. Schedule flushing & aeration program to reduce biologic consumption of O ₂ .
Tangki Fresh Water — Chemical residuals	MSDS available sometimes	1. After disinfection, perform rinsing & confirm residual chemical concentration safe. 2. Use appropriate respirators and

<i>Node / Hazard</i>	<i>Existing Safeguards (observed)</i>	Rekomendasi Risk Control (prioritas & tindakan)
		eye protection when chemical residues present. 3. Update SOP pembersihan & bilas.
Administrative / Organisational	PTW, attendant, some training	1. Standardize Enclosed Space Entry Permit format to align with IMO A.1050(27) and ISM Code — include gas readings, calibration stamps, signatures. 2. Mandatory confined space training + periodic rescue drills (documented). 3. Maintain calibration log for gas detectors; periodic audit by company. 4. Documentation & incident reporting system.

Hasil penerapan risk control menunjukkan adanya penurunan signifikan pada nilai risiko di seluruh *enclosed space* yang diteliti. Cargo Tank, yang awalnya memiliki nilai risiko tertinggi ($R = 25$), berhasil dikendalikan melalui penggunaan sensor LEL permanen, penguatan ventilasi, serta pembatasan hot-work, sehingga residual risk turun ke kategori sedang. Manhole dan Fresh Water Tank juga mengalami pengurangan risiko yang efektif setelah dilakukan tindakan seperti pemasangan sistem komunikasi yang lebih andal, penggunaan harness, dan peningkatan ventilasi. Secara keseluruhan, penerapan risk control terbukti mampu meningkatkan keselamatan kerja secara nyata, memastikan bahwa seluruh aktivitas di ruang tertutup dapat dilakukan dengan risiko minimal dan selaras dengan ketentuan keselamatan internasional.

Analisis Data

Berdasarkan hasil penilaian risiko pada tabel Manhole, terlihat bahwa bahaya utama yang muncul meliputi kekurangan oksigen, risiko terjatuh saat turun melalui akses vertikal, serta potensi kegagalan komunikasi antara pekerja di dalam dengan *attendant* di luar ruang. Sebelum pengendalian diterapkan, nilai risiko awal berada pada kategori menengah hingga tinggi, dengan skor tertinggi $R = 15$ untuk bahaya kekurangan oksigen dan hilangnya komunikasi. Setelah dilakukan pengendalian melalui penerapan ventilasi aktif, penggunaan *continuous gas monitoring*, pemasangan *man-down alarm*, penguatan prosedur komunikasi, serta penyediaan harness dan penerangan tambahan, nilai risiko mengalami penurunan signifikan dengan residual risk berada pada kategori rendah ($R = 2-3$). Hal ini menunjukkan bahwa tindakan pengendalian yang bersifat teknis dan administratif sangat efektif dalam menurunkan tingkat bahaya di ruang Manhole yang memiliki akses sempit dan ventilasi terbatas.

TERAPAN RISK ASSESSMENT PADA BAHAYA ENCLOSED SPACE MENGGUNAKAN METODE HAZARD AND OPERABILITY STUDY DI KAPAL MT. CAHAYA MULYA 88

Hafizh Akbar Maulana et al

DOI: <https://doi.org/10.54443/sibatik.v5i4.4416>

Intruksi: Checklist ini harus diisi oleh Pengawas Pekerjaan dan disetujui oleh Nahkoda Sebelum dilakukan pekerjaan/kegiatan yang dapat menimbulkan bahaya					Instructions: The checklist must be completed by the Work Supervisor and approved by Master prior to carry out work/activities that may lead to a danger							
Nama Kapal	MT. CAHAYA MULYA 88	IMO	9058892	Tanggal Date	28.09.2024	Posisi Kapal Position	Obi Mayor Maluku	Matriks Resiko (R) Risk Matrix (R)				
Kemungkinan Probability		Akibat yang Ditimbulkan Consequence					FI	Kemungkinan Probability	Akibat yang Ditimbulkan (C) Consequence (C)			
FI	Keterangan Remark	FI	Keterangan Remark					Kecil	Besar	Kritis	Malapetaka	
1	Mungkin terjadi sekali dalam 20 tahun Likely to occur once in 20 years	1	Luka kecil, polusi kecil, kerusakan kecil, waktu rusak tidak diperhitungkan Minor injury, negligible pollution, minor damage, negligible down time			1	Sangat jarang terjadi Extremely Remote	1	2	3	4	
3	Mungkin terjadi sekali dalam 5 tahun Likely to occur once in 5 years	2	Luka serius, polusi tidak berakibat jangka Panjang, kerusakan lebih dari 1 hari Serious injury, no long-term effect on environment, down time up to one day			3	Jarang terjadi Remote	3	6	9	12	
5	Mungkin terjadi sekali dalam setahun Likely to occur once in a year	3	Satu kematian, efek terbatas ke lingkungan, kerusakan sampai 1 minggu One fatality, limited effects on environment, down time up to 1 week			5	Mungkin terjadi Reasonably Probable	5	10	15	20	
7	Mungkin terjadi sekali dalam sebulan Likely to occur once per month	4	Beberapa kematian, efek lingkungan jangka Panjang, rusak lebih dari 1 minggu Several fatalities, long term effect on environment, down time more than 1 week			7	Sering terjadi Frequent	7	14	21	28	
Keterangan lengkap mengenai kemungkinan dan akibat yang ditimbulkan dapat dilihat di MSM-PRO-SHE.02 Complete details of the probability and consequence can be seen in the MSM-PRO-SHE.02												
Aktivitas pekerjaan yang sedang dinilai Work activity being assessed						Memasuki Ruang Tertutup (Man-Hole)						
Hazards Identification & Risk Assessment						Risk Control						
No	Bahaya Hazards	Akibatnya Jika Bahaya Terjadi Impact if Hazard Occur Risk	P	C	R	Pengendalian Resiko Control the Risk			P	C	R	Tindakan Lebih Lanjut Further Action
1.	Kekurangan Oksigen	Pingsan	3	5	15	Eliminasi : Substitusi : Melakukan Free Gas, membuka Man-Hole untuk beberapa waktu agar udara masuk ke Man-Hole Rekayasa : Menggunakan Blower untuk proses Free Gas, Membawa alat Oksigen detektor Adm : APD :			1	3	3	Menggunakan blower untuk proses sirkulasi udara pada ruang tertutup
2.	Terjatuh di Tangga Vertikal	Terpeleset, Dislokasi (Patah Tulang), Kematian	3	4	12	Eliminasi : Substitusi : Melakukan perawatan pada tangga vertikal yang mengalami kerusakan Rekayasa : Menggunakan safety Harness saat menuruni tangga Adm : APD : Safety Harness			1	2	2	Menggunakan safety harness sebelum menuruni tangga pada Man-Hole
3.	Komunikasi Terputus	Miss Komunikasi, Sult Mendapatkan Bantuan	3	5	15	Eliminasi : Substitusi : Mengganti antenna untuk meningkatkan jangkauan Radio HT yang lain Rekayasa : Adm : APD :			1	3	3	Menggunakan Radio telekomunikasi antar crew yang memiliki kualitas jangkauan lebih baik
Nama Nahkoda Master's Name		Capt. M Sairi	Tanda Tangan Signature		Nama Pengawas Supervisors Name		C/O Halilih		Tanda Tangan Signature			
Komentar dari Ship Manager (jika ada) Comments form Ship Manager (if any)		Tanggal Date		29/09/2024		Tanda Tangan Signature						

Gambar 1. Risk Assessment Enclose Spaced (Man-Hole)

Sumber : Dokumen Peneliti (2025)

Pada tabel penilaian risiko Cargo Tank, terlihat bahwa ruang muat merupakan area dengan tingkat risiko tertinggi di kapal. Risiko kritis muncul dari adanya uap hidrokarbon yang mudah terbakar (LEL tinggi), potensi kekurangan oksigen akibat displacement oleh uap bahan bakar, serta risiko pekerjaan seperti hot-work yang dapat memicu ledakan apabila tidak dikendalikan. Nilai risiko awal menunjukkan kategori “very high” hingga “extreme”, dengan skor tertinggi R = 25 untuk peningkatan kadar LEL. Setelah diterapkan pengendalian seperti pemasangan sensor LEL permanen, kewajiban *gas-free certificate*, peningkatan prosedur purging, pelarangan hot-work tanpa dua kali pengujian gas, serta peningkatan ventilasi terus-menerus, terjadi penurunan risiko yang signifikan menjadi R = 4–10 pada seluruh bahaya yang dinilai. Meskipun residual risk pada beberapa poin masih berada pada kategori sedang, pengendalian tersebut secara nyata menurunkan peluang terjadinya insiden

TERAPAN RISK ASSESSMENT PADA BAHAYA ENCLOSED SPACE MENGGUNAKAN METODE HAZARD AND OPERABILITY STUDY DI KAPAL MT. CAHAYA MULYA 88

Hafizh Akbar Maulana et al

DOI: <https://doi.org/10.54443/sibatik.v5i4.4416>

Intruksi: Checklist ini harus diisi oleh Pengawas Pekerjaan dan disetujui oleh Nahkoda Sebelum dilakukan pekerjaan/kegiatan yang dapat menimbulkan bahaya						Instructions: The checklist must be completed by the Work Supervisor and approved by Master prior to carry out work/activities that may lead to a danger						
Nama Kapal	MT. CAHAYA MULYA 88	IMO	9058892	Tanggal Date	28.09.2024	Posisi Kapal Position	Obi Mayor Maluku	Matriks Resiko (R) Risk Matrix (R)				
Kemungkinan Probability		Akibat yang Ditimbulkan Consequence				FI	Kemungkinan Probability	Akibat yang Ditimbulkan (C) Consequence (C)				
FI	Keterangan Remark	FI	Keterangan Remark					Kecil	Besar	Kritis	Malape taka	
1	Mungkin terjadi sekali dalam 20 tahun Likely to occur once in 20 years	1	Luka kecil, polusi kecil, kerusakan kecil, waktu rusak tidak diperhitungkan Minor injury, negligible pollution, minor damage, negligible down time			1	Sangat jarang terjadi Extremely Remote	1	2	3	4	
3	Mungkin terjadi sekali dalam 5 tahun Likely to occur once in 5 years	2	Luka serius, polusi tidak berakibat jangka Panjang, kerusakan lebih dari 1 hari Serious injury, no long-term effect on environment, down time up to one day			3	Jarang terjadi Remote	3	6	9	12	
5	Mungkin terjadi sekali dalam setahun Likely to occur once in a year	3	Satu kematian, efek terbatas ke lingkungan, kerusakan sampai 1 minggu One fatality, limited effects on environment, down time up to 1 week			5	Mungkin terjadi Reasonably Probable	5	10	15	20	
7	Mungkin terjadi sekali dalam sebulan Likely to occur once per month	4	Beberapa kematian, efek lingkungan jangka Panjang, rusak lebih dari 1 minggu Several fatalities, long term effect on environment, down time more than 1 week			7	Sering terjadi Frequent	7	14	21	28	
Keterangan lengkap mengenai kemungkinan dan akibat yang ditimbulkan dapat dilihat di MSM-PRO-SHE.02 Complete details of the probability and consequence can be seen in the MSM-PRO-SHE.02												
Aktivitas pekerjaan yang sedang dinilai Work activity being assessed		Memasuki Ruang Tertutup (Fresh Water Tank))										
Hazards Identification & Risk Assessment						Risk Control						
No	Bahaya Hazards	Akibatnya Jika Bahaya Terjadi Impact if Hazard Occur Risk	P	C	R	Pengendalian Resiko Control the Risk			P	C	R	Tindakan Lebih Lanjut Further Action
1.	Kekurangan Oksigen	Pingsan	3	4	12	Eliminasi : Substitusi : Melakukan Free Gas, membuka Man-Hole untuk beberapa waktu agar udara masuk ke Man-Hole Rekayasa : Menggunakan Blower untuk proses Free Gas, Membawa alat Oksigen detektor Adm : APD :			1	3	3	Menambahkan ventilasi Menyediakan Blower Menyiapkan Detektor Oksigen
2.	Permukaan Licin	Terpeleset, Dislokasi (Patah Tulang), Kematian	2	3	6	Eliminasi : Substitusi : Rekayasa : Menggunakan safety Harness saat menuruni tangga, Menggunakan Sepatu anti slip Adm : APD : Sepatu anti slip			1	2	2	Setiap crew yang akan melaksanakan inspeksi harus memasuki ruang sempit satu per satu dan menggunakan APD utama yakni sepatu anti slip
3.	Komunikasi Terputus	Miss Komunikasi, Sulit Mendapatkan Bantuan	2	4	8	Eliminasi : Substitusi : Mengganti antenna untuk meningkatkan jangkauan Radio HT yang lain Rekayasa : Adm : APD :			1	3	3	Menggunakan Radio telekomunikasi antar crew yang memiliki kualitas jangkauan lebih baik
Nama Nahkoda Master's Name		Capt. M Satri	Tanda Tangan Signature		Nama Pengawas Supervisors Name		C/O Halilih		Tanda Tangan Signature			
Komentar dari Ship Manager (jika ada) Comments form Ship Manager (if any)									Tanggal Date	29/09/2024	Tanda Tangan Signature	

Gambar 3. Risk Assessment Enclosed Space (Fresh Water)

Sumber : Dokumen Peneliti (2025)

Bahaya yang teridentifikasi meliputi rendahnya kadar oksigen akibat minimnya ventilasi, tingginya kadar CO₂ dari air stagnan, potensi iritasi akibat sisa chlorine, serta risiko slip pada permukaan tangki yang lembap. Sebelum dikendalikan, nilai risiko berada pada kategori menengah dengan skor tertinggi R = 12. Setelah diterapkan pengendalian berupa ventilasi paksa, aerasi ruang, pengujian kadar chlorine, pembilasan sesuai SOP, serta pemasangan anti-slip dan peningkatan komunikasi melalui *tethered comm system*, nilai residual risk turun ke kategori rendah (R = 2–3). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun

Fresh Water Tank tidak memiliki bahaya sebesar Cargo Tank, implementasi pengendalian tetap diperlukan untuk mencegah kecelakaan yang dapat terjadi akibat kondisi atmosfer buruk dan akses yang licin.

Bagaimana penerapan risk assessment dengan menggunakan metode hazard and operability study pada pekerjaan entering confined space close? Berdasarkan hasil penelitian, penerapan *risk assessment* dengan metode Hazard and Operability Study (HAZOP) pada pekerjaan *entering confined space* di Kapal MT. Cahaya Mulya 88 telah dilakukan secara sistematis melalui tahapan identifikasi deviasi, analisis penyebab, konsekuensi, serta evaluasi pengendalian yang telah tersedia. HAZOP mampu mengungkap penyimpangan dari kondisi normal operasi, terutama pada tiga ruang tertutup utama, yaitu Manhole, Cargo Tank, dan Fresh Water Tank. Data observasi menunjukkan bahwa masing-masing ruang memiliki karakteristik risiko berbeda—Cargo Tank memiliki bahaya paling tinggi akibat uap hidrokarbon dan kekurangan oksigen, sementara Manhole dan Fresh Water Tank menghadapi kendala ventilasi serta komunikasi. Melalui penerapan *guide words* seperti Less, More, No, dan Other Than, analisis HAZOP berhasil memetakan deviasi kritis seperti peningkatan kadar LEL, penurunan O₂, gangguan komunikasi, dan risiko jatuh. Hasil penilaian risiko (P–C–R) memperlihatkan bahwa sebelum pengendalian, risiko berada pada kategori sedang hingga ekstrem, terutama pada ruang muat dengan nilai R = 25. Setelah penerapan pengendalian teknis dan administratif, residual risk secara signifikan menurun. Dengan demikian, penerapan HAZOP dalam penelitian ini terbukti efektif untuk mengevaluasi potensi bahaya secara detail dan menjadi dasar akurat dalam menentukan langkah mitigasi kerja di ruang tertutup.

Bagaimana cara mengatasi risiko bahaya pada pekerjaan entering confined space close? Upaya mengatasi risiko bahaya pada pekerjaan *entering confined space* dilakukan melalui strategi pengendalian berlapis (*hierarchy of control*) berdasarkan hasil HAZOP dan risk assessment. Pengendalian teknis (*engineering control*) menjadi prioritas utama, khususnya pada ruang muat, dengan penerapan forced ventilation, pemasangan fixed LEL sensor, continuous O₂ monitoring, peningkatan efektivitas blower, dan memastikan ruang dalam kondisi benar-benar *gas-free* sebelum entry. Pengendalian administratif diperkuat melalui penerapan Permit to Work (PTW) yang ketat, *gas-free certificate*, pencatatan kalibrasi gas detector, serta penunjukan attendant khusus di luar ruang tertutup sesuai standar IMO A.1050(27). Data wawancara mengonfirmasi bahwa meskipun peralatan tersedia, frekuensi drill dan pelatihan masih perlu ditingkatkan agar kru terbiasa menghadapi keadaan darurat seperti kehilangan komunikasi atau seseorang jatuh pingsan di dalam ruang tertutup. Risk control juga mencakup penyediaan APD khusus, penggunaan *man-down alarm*, sistem komunikasi tethered, serta latihan penyelamatan (*confined space rescue drill*). Setelah diterapkan pengendalian tersebut, nilai residual risk pada semua ruang turun ke kategori rendah (R = 2–4), menunjukkan bahwa langkah mitigasi yang diterapkan efektif dalam mengurangi risiko kecelakaan serius, termasuk asphyxia, ledakan, dan keterlambatan evakuasi. Dengan demikian, pengendalian risiko yang dilakukan tidak hanya memenuhi

standar keselamatan internasional, tetapi juga memastikan bahwa pekerjaan dalam ruang tertutup dapat dilakukan secara aman dan terukur.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa penerapan risk assessment menggunakan metode Hazard and Operability Study (HAZOP) pada pekerjaan entering enclosed space di kapal MT. Cahaya Mulya 88 secara efektif mengidentifikasi dan mengendalikan risiko utama seperti kekurangan oksigen, akumulasi gas beracun, serta potensi ledakan di manhole, cargo tank, dan fresh water tank. Temuan utama mengungkap bahwa sebelum mitigasi, risiko mencapai kategori ekstrem ($R=25$) pada cargo tank akibat uap hidrokarbon, namun turun signifikan ke level rendah ($R=2-4$) setelah pengendalian berlapis berupa ventilasi paksa, sensor LEL permanen, dan Permit to Work ketat. Pendekatan ini tidak hanya memetakan deviasi operasional melalui guide words, tetapi juga menghasilkan rekomendasi praktis yang selaras dengan regulasi IMO Resolution A.1050(27) dan ISM Code, sehingga meningkatkan keselamatan kru secara nyata.

Meskipun demikian, keterbatasan penelitian terletak pada cakupan yang terfokus hanya pada tiga jenis enclosed space di satu kapal tanker domestik, sehingga generalisasi ke kapal jenis lain atau skala internasional memerlukan validasi lebih lanjut. Selain itu, minimnya frekuensi drill penyelamatan menjadi celah yang dapat dieksplorasi di studi mendatang. Saran untuk penelitian lanjutan mencakup pengujian kuantitatif HAZOP dengan software simulasi dan perbandingan efektivitas metode HAZOP versus FMEA pada kondisi inerting tank. Secara praktis, hasil penelitian ini direkomendasikan untuk diadopsi sebagai SOP standar oleh perusahaan pelayaran Indonesia, terutama untuk meningkatkan audit keselamatan berkala dan pelatihan kru guna mencegah insiden fatal di ruang tertutup.

DAFTAR PUSTAKA

- Bayu Prasajo, G., Imam Firdaus, M., Nofandi, F., & Haryanto, T. (2026). Prototipe Asistensi Pengenalan Suara Untuk Manuver Kapal. *Sibatik Journal: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, Dan Pendidikan*, 5(3), 1660–1673. <https://doi.org/10.54443/sibatik.v5i3.4401>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). SAGE Publications.
- Emzir. (2022). *Metodologi penelitian kualitatif: Analisis data*. Rajagrafindo Persada.
- Ihromi, W. D., Putri, A. W., Safitri, D., Dewi, N. M. A. A., & Anwar, P. P. (2024). Identifikasi risiko pada ud. Laksana Jaya Bordir dengan metode hazard and operability study (HAZOP). *Neraca: Jurnal Ekonomi, Manajemen dan Akuntansi*, 2(1), 42-57.
- Prasetyo, D., & Lb, N. A. W. (2019). Analisis Kebocoran Minyak Hidraulik Steering Gear LPG/c Gas Walio Terhadap Keselamatan Kapal Sesuai Hazop. *Jurnal 7 Samudra*, 4(1).
- Purnama Dewi, N., Nasri, N., Purwanto, S., Retno Gunarti, M., & Dai Robbi, S. (2025). Prototipe Alat Pendeteksi Gas Berbahaya Di Kamar Mesin Untuk Menjaga Keselamatan Abk Berbasis Wemos D1 Di Kapal Mt Plaju. *Sibatik Journal: Jurnal*

Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, Dan Pendidikan, 5(1), 395–408.
<https://doi.org/10.54443/sibatik.v5i1.4194>

Saputro, T., & Lombardo, D. (2021). Metode Hazard Identification, Risk Assessment And Determining Control (HIRADC) dalam mengendalikan risiko di PT. Zae Elang Perkasa. *Jurnal Baut dan Manufaktur: Jurnal Keilmuan Teknik Mesin dan Teknik Industri*, 3(1), 23-29. <https://doi.org/10.1234/bm.2021.3.1.23>

Santoso, W., & Yulianto, Y. (2022). Manajemen mitigasi bahaya ruangan tertutup di kapal. *Jurnal Universal Technic*, 1(2), 42-59.

Sugiyono. (2022). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Sudaryono. (2023). Penelitian deskriptif kualitatif untuk studi kasus industri. *Jurnal Metodologi Penelitian*, 4(2), 45-58.