



Analisis Upaya Pencegahan Pencemaran Minyak dapat Meminimalisirkan Prevention of Polution by Oil saat Proses Tank Cleaning dengan Menggunakan Matriks Penilaian Resiko

Firdaus sitepu^{1*}, Tri Haryanto²

^{1,2}Teknologi rekayasa operasi kapal, Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

*Korespondensi: firdaus.sitepu@yahoo.co.id

Info Artikel

Diterima 02
September 2024

Disetujui 15
November 2024

Dipublikasikan 30
November 2024

Keywords:
Minyak,
Pencegahan
Pencemaran, Tank
Cleaning

© 2024 The
Author(s): This is
an open-access
article distributed
under the terms of
the Creative
Commons
Attribution
ShareAlike (CC BY-
SA 4.0)



Abstrak

Tujuan penelitian mengoptimalkan upaya pencegahan pencemaran minyak saat proses tank cleaning dan untuk mengetahui apakah cara mengoptimalkan tersebut dapat meminimalisirkan pencemaran minyak. Metode tank cleaning yang sistematis yaitu perencanaan, persiapan, pelaksanaan dan evaluasi. Kurang optimalnya peralatan pencegahan pencemaran laut saat tank cleaning dapat menimbulkan bahaya pencemaran di laut. Seperti kasus tumpahan minyak oleh MT. Mantora pada tahun 2009 di laut timur yang menyebabkan perairan Laut timur dialiri minyak selama 74 hari dan membuat ekosistem laut menurun dan mata pencarian nelayan berkurang. Selama penulis melaksanakan penelitian diatas kapal masih ditemukan anak buah kapal yang tidak memahami tentang upaya pencegahan pencemaran laut saat proses tank cleaning di atas kapal, dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dimana sumber data berasal dari Observasi, Kuesioner, Dokumentasi, Studi Pustaka. Hasil peneliti menunjukkan bahwa mengoptimalkan pencemaran minyak di laut saat proses tank cleaning yaitu dengan cara meningkatkan keterampilan crew kapal dalam penanganan pencemaran minyak dilaut serta familiarisasi terhadap kegiatan tank cleaning serta alat-alat yang akan digunakan dalam proses kegiatan tersebut, tidak hanya itu perekrutan crew kapal sesuai dengan standar perusahaan agar crew kapal tersebut siap bekerja di atas kapal terutama kapal tanker.

Abstract

The purpose of the study is to optimize efforts to prevent oil pollution during the tank cleaning process and to find out whether the optimization method can minimize oil pollution. The systematic tank cleaning method is planning, preparation, implementation and evaluation. The lack of optimal marine pollution prevention equipment during tank cleaning can cause pollution hazards in the sea. Such as the case of the oil spill by MT. Mantora in 2009 in the East Sea which caused the waters of the East Sea to be filled with oil for 74 days and caused the marine ecosystem to decline and the livelihoods of fishermen to decrease. During the author's research on the ship, there were still crew members who did not understand efforts to prevent marine pollution during the tank cleaning process on the ship, in this study using a quantitative research method where the data sources came from Observation, Questionnaires, Documentation, Literature Study. The research results show that optimizing oil pollution at sea during the tank cleaning process is done by improving the skills of ship crews in handling oil

pollution at sea and familiarizing them with tank cleaning activities and the tools that will be used in the process. Not only that, the recruitment of ship crews is in accordance with company standards so that the ship crew is ready to work on ships, especially tankers.

1. Pendahuluan

Proses pembersihan tangki (tank cleaning) pada kapal pengangkut minyak merupakan salah satu kegiatan rutin yang penting untuk menjaga kualitas kargo berikutnya dan memastikan keselamatan operasional. Namun, proses ini juga membawa risiko pencemaran lingkungan akibat tumpahan atau pelepasan residu minyak. Pencemaran tersebut dapat berdampak negatif, baik terhadap ekosistem laut maupun keberlanjutan operasional perusahaan, mengingat regulasi internasional seperti *MARPOL Annex I* mewajibkan pengelolaan limbah minyak yang ketat (Anugrah Utama, 2020). Pencegahan pencemaran selama proses tank cleaning menjadi prioritas penting dalam industri maritim. Untuk itu, penerapan pendekatan yang sistematis seperti matriks penilaian risiko sangat relevan. Matriks ini membantu mengidentifikasi potensi bahaya, mengevaluasi tingkat risiko, serta menentukan langkah mitigasi yang efektif. Melalui pendekatan ini, perusahaan dapat meminimalkan kemungkinan terjadinya tumpahan minyak dan dampaknya terhadap lingkungan (Sugiyarti, 2022).

Proses pergantian muatan pada kapal tanker memerlukan tank cleaning yang meliputi gas freeing, tank washing dengan air bertekanan tinggi atau menggunakan butterworth, dan de-slopping untuk membuang hasil sisa tank washing (Alfiani, 2024). Proses ini krusial untuk memastikan kebersihan tanki cargo guna mencegah kontaminasi muatan dan pencemaran laut. Implementasi peralatan pencegahan pencemaran laut yang efektif diperlukan, sesuai dengan regulasi internasional seperti *MARPOL 73/78*, untuk menghindari dampak buruk pada ekosistem laut akibat pencemaran minyak (Hasibuan, 2022).

Kapal tanker harus memenuhi persyaratan konstruksi dan dilengkapi dengan peralatan seperti segregated ballast capacity, slop tank capacity, dan Cargo Monitoring System untuk memastikan kepatuhan pada standar pencegahan pencemaran (Sandro, 2022) (Tjahjono et al, 2017) (Pratama, 2022). Dalam konteks ini, optimalisasi proses pencegahan pencemaran minyak selama kegiatan tank cleaning di kapal Mike Tanggo Pangkalan Brandan menjadi kunci dalam menjaga keberlanjutan lingkungan laut dan kegiatan nelayan (Altena, 2021).

Pencemaran minyak selama proses *tank cleaning* merupakan salah satu ancaman utama terhadap lingkungan maritim. Aktivitas ini seringkali menghasilkan residu minyak yang dapat mencemari laut jika tidak dikelola dengan baik. Beberapa kasus menunjukkan adanya tumpahan minyak akibat kurangnya pengawasan, kelalaian prosedur, atau kerusakan pada peralatan (Suyitno, 2023). Selain itu, peningkatan aktivitas maritim dan transportasi bahan bakar minyak semakin memperbesar risiko pencemaran, yang tidak hanya merusak ekosistem laut tetapi juga menimbulkan kerugian ekonomi dan reputasi bagi perusahaan. Meskipun berbagai regulasi internasional, seperti *MARPOL Annex I*, telah mengatur pengelolaan limbah minyak secara ketat, implementasinya di lapangan masih sering kurang optimal (Ilmansyah et al, 2022). Beberapa perusahaan menghadapi keterbatasan dalam menerapkan prosedur keselamatan yang efektif, seperti

kurangnya pelatihan awak kapal, pemeliharaan peralatan yang tidak memadai, atau absennya sistem pemantauan risiko berbasis data. Selain itu, kesadaran akan pentingnya analisis risiko sering kali masih rendah, sehingga potensi bahaya dan langkah mitigasi tidak dievaluasi secara menyeluruh.

Penerapan matriks penilaian risiko sebagai alat analisis dapat menjadi solusi yang efektif untuk mengatasi kesenjangan tersebut. Dengan menggunakan matriks ini, perusahaan dapat mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengelola potensi risiko pencemaran minyak secara sistematis. Matriks ini memungkinkan manajemen untuk memprioritaskan langkah pencegahan berdasarkan tingkat risiko yang terukur (Rohman & Susanti, 2023). Selain itu, pengembangan program pelatihan berkelanjutan untuk awak kapal dan peningkatan kualitas peralatan pembersihan dapat mendukung implementasi prosedur yang lebih aman. Solusi tambahan adalah integrasi teknologi digital, seperti sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) atau perangkat lunak manajemen risiko. Teknologi ini memungkinkan pengawasan kondisi tangki dan peralatan secara real-time, sehingga potensi kebocoran atau kegagalan peralatan dapat dideteksi lebih awal (Rahmawati et al, 2023). Selain itu, penerapan *big data analytics* untuk menganalisis pola risiko dapat membantu perusahaan merancang strategi pencegahan yang lebih proaktif dan berbasis data. Dengan kombinasi pendekatan tradisional dan inovasi teknologi, proses *tank cleaning* dapat lebih terjamin keamanannya, mengurangi potensi pencemaran, serta meningkatkan efisiensi operasional (Amffa et al, 2023).

Penerapan matriks penilaian risiko sebagai alat analisis dapat menjadi solusi yang efektif untuk mengatasi kesenjangan tersebut. Dengan menggunakan matriks ini, perusahaan dapat mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengelola potensi risiko pencemaran minyak secara sistematis. Matriks ini memungkinkan manajemen untuk memprioritaskan langkah pencegahan berdasarkan tingkat risiko yang terukur (Prayuga, 2020). Selain itu, pengembangan program pelatihan berkelanjutan untuk awak kapal dan peningkatan kualitas peralatan pembersihan dapat mendukung implementasi prosedur yang lebih aman. Dengan langkah ini, proses *tank cleaning* dapat berjalan lebih efektif, meminimalkan pencemaran minyak, dan memenuhi standar keselamatan serta kelestarian lingkungan.

Studi ini bertujuan untuk menganalisis upaya pencegahan pencemaran minyak saat proses *tank cleaning* dengan menggunakan matriks penilaian risiko. Dengan memahami hubungan antara potensi bahaya, dampak, dan tindakan pencegahan, diharapkan dapat dihasilkan rekomendasi strategis yang tidak hanya memenuhi standar keselamatan, tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menganalisis upaya pencegahan pencemaran minyak selama proses *tank cleaning* dengan menggunakan matriks penilaian risiko (Ginting, 2022). Metode ini dirancang untuk memahami, menggambarkan, dan mengevaluasi risiko pencemaran secara sistematis melalui pengumpulan dan analisis data yang relevan (Pranyoto et al, 2022). Penelitian ini berbasis studi kasus pada perusahaan pelayaran atau fasilitas yang melakukan kegiatan *tank cleaning*. Studi ini bertujuan untuk mengeksplorasi penerapan matriks penilaian risiko, mengidentifikasi potensi bahaya, dan mengevaluasi efektivitas langkah mitigasi yang telah diimplementasikan.

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa teknik utama untuk memastikan kelengkapan dan validitas informasi yang diperoleh. Pertama, studi literatur dilakukan dengan mengkaji dokumen, regulasi, dan pedoman yang relevan, seperti *MARPOL Annex I*, standar ISO 31000, serta penelitian sebelumnya yang membahas pengelolaan risiko pencemaran minyak dan proses *tank cleaning*. Kedua, observasi langsung dilaksanakan dengan mengamati secara mendetail aktivitas *tank cleaning* di lokasi penelitian, mencakup prosedur operasional, penggunaan peralatan, serta potensi sumber bahaya yang dapat menimbulkan pencemaran minyak. Ketiga, dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data sekunder berupa laporan insiden, hasil audit keselamatan, dan dokumen internal perusahaan terkait prosedur kerja. Kombinasi teknik ini memungkinkan analisis yang mendalam dan komprehensif terhadap risiko pencemaran minyak selama proses *tank cleaning*.

Data yang diperoleh dalam penelitian ini dianalisis secara kuantitatif melalui Validitas sering kali diartikan sebagai kemampuan suatu tes untuk mengukur atribut yang dimaksud dengan tepat. Validitas suatu pengukuran tergantung pada seberapa baik alat ukur tersebut dapat mencapai tujuan pengukuran yang diinginkan (Azwar, 2015). Penelitian ini menggunakan uji validitas dengan menggunakan kuesioner berbasis Google Form, di mana setiap pertanyaan memiliki jawaban yang benar sesuai dengan peraturan yang berlaku, dan setiap jawaban yang benar mendapatkan skor 10 poin. reliabilitas merupakan syarat kedua dari alat ukur yang baik setelah validitas. Reliabilitas mengacu pada konsistensi atau keakuratan hasil tes dari waktu ke waktu. Uji reliabilitas digunakan untuk menentukan apakah suatu kuesioner dapat dianggap reliabel atau tidak. Ghazali (2012) menyatakan bahwa sebuah kuesioner dianggap reliabel jika nilai Cronbach's alpha > 0.06 , dan tidak reliabel jika nilainya < 0.06 . Dalam penelitian ini, uji reliabilitas dilakukan dengan menguji konsistensi internal kuesioner menggunakan Google Form, di mana skor yang diperoleh dari responden disajikan dalam bentuk grafik batang untuk analisis lebih lanjut. Uji normalitas dilakukan untuk menentukan apakah data dalam model regresi antara variabel dependen dan variabel independen memiliki distribusi normal atau tidak. Distribusi normal menunjukkan bahwa data memiliki simetri yang baik. Dengan kata lain, uji normalitas adalah teknik yang digunakan untuk memeriksa apakah data tersebut memiliki distribusi normal atau tidak.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa risiko pencemaran minyak selama proses *tank cleaning* dapat terjadi akibat beberapa faktor utama, yaitu kelalaian dalam pelaksanaan prosedur operasional, penggunaan peralatan yang tidak memadai atau usang, serta kurangnya pelatihan dan pemahaman awak kapal terhadap pentingnya pengelolaan risiko. Berdasarkan hasil identifikasi dan analisis risiko menggunakan matriks penilaian risiko, ditemukan bahwa risiko tertinggi berasal dari potensi kebocoran residu minyak selama pembuangan limbah dan kerusakan pada sistem pembersihan tangki.

Hasil Uji Validitas

Uji validitas adalah salah satu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui instrument pengukuran atau alat pengumpulan data tersebut dianggap valid, artinya

instrument yang di gunakan untuk meneliti tersebut benar-bener mampu mengukur variable yang di teliti dalam penelitian tersebut. Berikut adalah rumus uji validitas.

Tabel 1. Uji Validitas

Variable	R Hitung	R Table	Variasi	Keterangan
P1	0,404	0,361	24,022	Valid
P2	0,281	0,361	25,402	Tidak Valid
P3	0,564	0,361	24,872	Valid
P4	0,310	0,361	25,402	Tidak Valid
P5	0,474	0,361	24,971	Valid
P6	0,658	0,361	48,160	Valid
P7	0,405	0,361	25,862	Valid
P8	0,478	0,361	25,827	Valid
P9	0,447	0,361	57,155	Valid

Tabel tersebut menyajikan hasil uji validitas pada sembilan variabel (P1 hingga P9) berdasarkan nilai *R hitung* dibandingkan dengan *R tabel*. Sebuah variabel dinyatakan valid apabila *R hitung* lebih besar dari *R tabel*, dengan batasan nilai *R tabel* yang ditentukan adalah 0,361. Dari hasil analisis, variabel yang valid adalah P1, P3, P5, P6, P7, P8, dan P9 karena nilai *R hitung* mereka lebih besar dari *R tabel*. Sementara itu, variabel P2 dan P4 dinyatakan tidak valid karena nilai *R hitung* mereka lebih kecil dari *R tabel*. Selain validitas, tabel juga menunjukkan nilai variasi untuk setiap variabel, yang mencerminkan tingkat penyebaran data atau konsistensinya. Variabel P6 memiliki variasi tertinggi (48,160), sedangkan P1 memiliki variasi terendah (24,022). Variasi yang tinggi dapat menunjukkan penyebaran data yang lebih besar, sementara variasi rendah menunjukkan data yang lebih konsisten. Berdasarkan hasil ini, sebagian besar variabel dalam tabel dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut, kecuali variabel P2 dan P4 yang tidak memenuhi kriteria validitas. Koefisien analisis upaya pencegahan pencemaran minyak di atas kapal saat proses tank cleaning menunjukkan validitas antara 0.281-0.658. Dari Sembilan (9) Kuesioner yang valid dengan R table >0.361 terdapat dua (2) yang tidak valid dengan koefisien validitas mulai 0.281 – 0.658. Dimana R table merupakan tabel nilai tabel distribusi t (nilai kritis kolerasi person) yang sudah dipehitungkan dan nilai table yang sudah tersedia. Nilai t tabel memberikan tingkat signifikansi yang bisa digunakan dalam perhitungan statistic.

Hasil Uji Reabilitas

Uji reabilitas adalah suatu pengujian yang dilakukan untuk meriview konsistensi atau kestabilan instrument pengukuran. Pengujian ini penting untuk dilakukan untuk mengetahui bahwa hasil dari kuesioner memberikan hasil yang konsisten ketika digunakan dalam kondisi yang serupa. Dalam penelitian Uji reabilitas ini menggunakan metode Cronbah's Alpha. Cronbah's Alpha merupakan menilai konsistensi internal dengan menghitung koefisien Alpha, yang menunjukkan seberapa baik item-item dalam test tersebut mengukur konstruk yang sama. Berikut adalah rumus dari Cronbah's Alpha.

Tabel 2. Uji Reabilitas

Cronbah's Alpha	Role of Tumbh	Keterangan
0,504	0,500	Relaible

Tabel tersebut menunjukkan hasil uji reliabilitas menggunakan metode Cronbach's Alpha dengan nilai *threshold* sebesar 0,500. Reliabilitas mengukur konsistensi internal dari instrumen atau skala yang digunakan dalam penelitian. Dalam tabel ini, nilai Cronbach's Alpha yang diperoleh adalah 0,504, yang berarti lebih tinggi daripada nilai *threshold* 0,500. Oleh karena itu, instrumen yang diuji dinyatakan reliabel, atau dengan kata lain, memiliki konsistensi yang baik dalam mengukur aspek yang dimaksudkan. Penilaian reliabilitas ini penting karena memastikan bahwa instrumen penelitian dapat memberikan hasil yang stabil dan konsisten ketika digunakan dalam situasi yang berbeda atau oleh subjek yang berbeda. Dengan nilai Cronbach's Alpha yang melebihi batas minimum, instrumen ini dapat digunakan sebagai alat ukur yang dapat diandalkan untuk analisis lebih lanjut. Hasil ini menunjukkan bahwa instrumen tersebut layak untuk digunakan dalam penelitian dengan tingkat kepercayaan yang memadai.

Hasil Uji Normalitas

Uji normalitas adalah tes yang digunakan untuk mengetahui apakah data data yang didapatkan mengikuti pola distribusi normal. Distribusi normal adalah nilai niali yang di dapatkan dari hasil olah data mendapatkan nilai sekitar tengah tengah. Dalam penelitian ini Uji normilitas menggunakan metode Uji Kolmogorov - smirnov yaitu tes yang membandingkan data kita dengan distribusi normal, meskipun kurang sensitife untuk sample kecil. Berikut adalah

Tabel 3. Uji Normalitas

Kolmogrove - Smirnov	Kriteria	Keterangan
0.361	>0.05	Berdistribusi Normal

Tabel tersebut menyajikan hasil uji normalitas menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov, yang digunakan untuk menentukan apakah data berdistribusi normal atau tidak. Nilai yang diperoleh dari uji ini adalah 0,361, dan kriteria yang digunakan adalah *p-value* lebih besar dari 0,05 (*threshold*). Berdasarkan hasil ini, nilai 0,361 yang lebih besar dari 0,05 menunjukkan bahwa data berdistribusi normal, sesuai dengan keterangan pada tabel. Distribusi normal sangat penting dalam analisis statistik karena banyak metode inferensial, seperti uji-t atau analisis regresi, mengasumsikan normalitas data. Dengan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa data yang diuji memenuhi asumsi normalitas, sehingga metode analisis statistik yang berbasis normalitas dapat diterapkan dengan valid pada penelitian ini. Hasil ini memberikan dasar yang kuat untuk melanjutkan ke tahap analisis data lebih lanjut.

3.2 Pembahasan

Berbagai alternatif yang telah ditemukan untuk mengatasi masalah pencegahan pencemaran minyak di laut selama proses tank cleaning, penting untuk mencari solusi yang paling tepat dan dapat diterapkan di lapangan serta diterima oleh semua pihak sebagai metode yang paling efektif dalam menanggulangi masalah ini. Oleh karena itu, evaluasi terhadap solusi ini akan mencakup beberapa aspek, antara lain:

Meningkatkan keterampilan dan pengetahuan anak buah kapal (ABK) dalam penanganan pencemaran di laut menjadi salah satu fokus utama. Salah satu kelemahan yang sering ditemui pada pelaut kita adalah kurangnya keterampilan dan pengetahuan dalam tugas-tugas mereka di atas kapal. Kekurangan ini dapat menghambat proses tank cleaning dengan efektif. Oleh karena itu, upaya untuk

meningkatkan pengetahuan dan keterampilan ABK sangat penting. Beberapa langkah yang dapat dilakukan antara lain: 1) Pengarahan oleh Nakhoda pada saat pertemuan latihan keselamatan (Safety Meeting), Hal ini penting karena tidak semua crew kapal memiliki pengetahuan yang memadai tentang kapal dan muatannya. Pengarahan dari Nakhoda tidak hanya meningkatkan pengetahuan mereka, tetapi juga mengurangi risiko kesalahan atau kecelakaan yang dapat terjadi selama pekerjaan; 2) Perekrutan anak buah kapal (ABK) sesuai standar oleh perusahaan, Seleksi yang ketat akan memastikan bahwa ABK yang direkrut telah memenuhi persyaratan untuk bekerja di kapal, terutama di kapal tanker; 3) Pengarahan dari Mualim I sebelum dilaksanakan proses tank cleaning, Mualim I bertanggung jawab atas perawatan kapal dan proses tank cleaning. Pengarahan ini penting agar ABK memahami tugas mereka dengan baik selama tank cleaning dan dapat melaksanakannya secara terorganisir; 4) Proses penerimaan atau seleksi tenaga yang terampil.

Peran perusahaan sangat vital dalam usahanya meningkatkan kualitas sumber daya manusia yang bekerja di dalamnya. Jika perusahaan merekrut anak buah kapal yang kurang terampil, hal itu dapat merugikan reputasi perusahaan. Oleh karena itu, untuk memastikan operasional kapal berjalan lancar, perusahaan harus selektif dalam memilih anak buah kapal yang akan bekerja di atas kapal dengan baik.

Meningkatkan prosedur pencegahan pencemaran dan alat-alat pencegahan pencemaran minyak yang menunjang untuk meminimalisirkan pencegahan pencemaran minyak di laut saat melakukan proses tank cleaning adalah hal yang sangat penting. Pengawasan yang teliti diperlukan untuk memastikan bahwa proses berjalan lancar tanpa kesalahan yang dapat menyebabkan pencemaran minyak di laut dan menunda proses tank cleaning. Beberapa langkah yang dapat dilakukan untuk mencegah pencemaran minyak di laut saat melakukan tank cleaning adalah: 1) Melakukan perencanaan upaya pencegahan pencemaran minyak pada kegiatan proses tank cleaning, Sebelum memulai kegiatan tank cleaning di kapal, ada baiknya seluruh awak kapal melakukan perencanaan kegiatan tank cleaning yang dipimpin oleh mualim 1 yang meliputi proses precleaning yaitu menyempotkan air laut menggunakan butterwoth, flashing yaitu penyempotkan dengan menggunakan hot water (50°C) dengan menggunakan GS Pump, Purgung yaitu memasukan gas lembam dengan tujuan untuk menurunkan kadar HC didalam tanki, Mooping yaitu pemeriksaan gas berkala menggunakan personal gas detector serta membersihkan residu air dalam keadaan kering, kemudian yang terakhir adalah finishing yaitu memastikan semua jalur tank cleaning telah bersih dan tertutup dengan baik kemudian dilakukan penutupan deck seal, dan tankdome; 2) Menyiapkan peralatan atau alat alat untuk menanggulangi tumpahan minyak yang dikenal dengan istilah Shipboard Oil Polution; 3) Memastikan alat – alat yang akan di pakai saat proses tank cleaning bisa dipakai sebagaimana fungsinya; 4) Memasang penyumbat saluran air di dek (Scupper Plug) Sebelum memulai proses tank cleaning, harus dilakukan pemasangan Scupper Plug guna mencegah tumpahan minyak langsung jatuh ke laut yang disebabkan oleh tumpahan minyak yang ada di dek

4. Kesimpulan

Sesuai dengan hasil pengumpulan data dan alternative solusi yang di analisis dalam bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan dalam optimalisasi upaya pencegahan pencemaran minyak di laut saat proses tank cleaning di kapal MT.

Pangkalan Brandan serta upaya-upaya pemecahan masalah adalah sebagai berikut: 1) Kurang terampilnya anak buah kapal yang mengakibatkan kegagalan anak buah kapal dalam mengoperasikan serta menggunakan alat-alat tank cleaning saat proses tank cleaning serta kurangnya pemahaman anak buah kapal akan alat yang akan digunakan atau dengan kata lain kurang familiarization terhadap awak kapal saat pertama kali on board. Kurangnya pemahaman anak buah kapal dapat dilihat dari hasil data yang di dapatkan pada nilai rata-rata kuesioner mendapatkan hasil < 50%. Sesuai dengan data-data dan studi pustakan yang telah dikumpulkan oleh peneliti cara untuk mengoptimalkan pencemaran minyak di laut saat proses tank cleaning yaitu dengan cara meningkatkan keterampilan crew kapal dalam penanganan pencemaran minyak dilaut serta familiarisasi terhadap kegiatan tank cleaning serta alat-alat yang akan digunakan dalam proses kegiatan tersebut, tidak hanya itu perekrutan crew kapal sesuai dengan standar perusahaan agar crew kapal tersebut siap bekerja di atas kapal terutama kapal tanker; 2) Nilai Crobroch Alpha 0.504 dengan nilai acuan sebesar 0.500. Nilai tersebut lebih dari 0,500 ($0.500 < 0.504$) yang memiliki arti bahwa alat ukur yang digunakan mengukur dengan konsisten alat ukur yang digunakan. Hasil data yang didapatkan dari responden-responden kurang dari nilai acuan dimana hasil analisis data terdapat Dua Belas Responden yang tidak memenuhi nilai acuan (0.361) dengan rentan nilai (-0.045-0.327) dengan demikian kesimpulan yang didapatkan bahwa anak buah kapal kurang memahami terkait upaya pencegahan pencemaran minyak saat proses tank cleaning. Kemudian cara-cara yang di bahas dalam rumusan masalah yang pertama jika dijalankan dengan baik oleh crew kapal serta perusahaan dapat mengoptimalkan upaya pencegahan pencemaran minyak saat proses tank cleaning di atas kapal.

Daftar Pustaka

- Alfiani, I. (2024). Analisis Penggunaan Pompa Muatan Minyak Dalam Proses Pengeringan Muatan Automotif Diesel Oil (ADO) dan Fatty Acid Methyl Ester (FAME) Guna Menunjang Kelancaran Proses Bongkar Muatan di Mt Enduro.
- Altena, D. (2021). *Optimalisasi persiapan dek departemen dalam menghadapi shell sire vetting guna kelancaran proses charter kapal mt. Orkim leader* (Doctoral dissertation, Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran).
- Amffa, M. A. B., Arsy, M. F., & Assidiq, F. M. (2023). Analisis Dampak Oil Spill Pada Kehidupan Masyarakat Pesisir Karawang Dalam Perspektif Hukum Dan Lingkungan. *Riset Sains dan Teknologi Kelautan*, 86-89.
- Anugrah Utama, H. E. Y. F. E. L. (2020). *Peranan Oil Pollution Prevention Drill Dalam Upaya Menanggulangi Pencemaran Minyak Pada Kegiatan Operasional Kapal Mt. Olympus I* (Doctoral dissertation, Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran).
- Ginting, S. (2022). Upaya Pencegahan Pencemaran Minyak Pada Saat Proses Pelaksanaan Tank Cleaning di Atas Kapal MT. Alpha. *Journal of Maritime and Education (JME)*, 4(2), 407-410.
- Hasibuan, A. (2022). Analisis Kinerja Green Supply Chain Management Pada Industri Crude Palm Oil Untuk Menuju Kearah Sustainable Supply Chain Operator Reference Versi 12.0 (Studi Kasus Pt. X).

- Hendrawan, A. (2022). Peran Incinerator Dalam Pencegahan Pencemaran Laut Di KM Tanto Bersama. *Majalah Ilmiah Bahari Jogja (MIBJ)*, 20(1), 42-50.
- Ilmansyah, Y., Mahbubah, N. A., & Widyaningrum, D. (2020). Penerapan Job Safety Analysis sebagai Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja dan Perbaikan Keselamatan Kerja di PT Shell Indonesia. *PROFISIENSI: Jurnal Program Studi Teknik Industri*, 8(1), 15-22.
- Jadda, A. A., Mansur, S., & Hartono Hamzah, K. (2022). Peran Dinas Lingkungan dalam Pengendalian Pencemaran Akibat Tumpahan Minyak oleh Pertamina di Kota Parepare. *Madani Legal Review*, 6(1), 1-20.
- Muhammad, R. S. (2022). *Upaya Pemanfaatan Peralatan Kapal MV. Srikandi Indonesia 19 Secara Maksimal Di Saat Tumpahan Minyak Pada Saat Bunker* (Doctoral dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang).
- Pratama, I. F. (2022). *Upaya Meningkatkan Kinerja Abk Dalam Penerapan Safety Management System di Atas MV. Sao Oasis* (Doctoral dissertation, Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran).
- Pranyoto, P., Utami, P., & Kholifah, U. (2022). Pengaruh Pengetahuan dan Kesadaran SDM Terhadap Sikap Dalam Upaya Penanggulangan Pencemaran di Perairan dan Pelabuhan. *Dinamika Bahari*, 3(1), 44-51.
- Prayuga, B. B. (2020). *Upaya Pencegahan Dan Penanggulangan Pencemaran Laut Dari Limbah Minyak di Kapal MT. B. Pacific* (Doctoral dissertation, Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran).
- Rahmawati, S., Agustini, R. K., & Efitadewi, A. (2023). Analisis Dampak Serta Penanggulangan Tumpahan Minyak di Perairan Bintan. *Aufklarung: Jurnal Pendidikan, Sosial dan Humaniora*, 3(4), 1-8.
- Rohman, M. A., & Susanti, E. (2023). Analisis Sistem Penanganan Pencegahan Tumpahan Minyak Di MV. Mariwit. *Jurnal Venus*, 11(2), 79-90.
- Sandro, A. (2022). *Upaya Pencegahan Darurat Bahaya Gas H₂S di Kapal MV. Jana 17* (Doctoral dissertation, Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta).
- Sholihah, I. R. A., Basuki, M., & Santosa, P. I. (2020, July). Penilaian Risiko Pekerjaan Bunker Untuk Mencegah Tumpahan Minyak Di Atas Kapal Sesuai Isgott Pada Km. Camara Nusantara I. In *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan (SEMITAN)* (Vol. 2, No. 1, pp. 11-18).
- Sugiyarti, W. P. (2022). *Manajemen Risiko Pada Kegiatan Bunker Di Kapal Crew Boat PT. PAN Maritime Wira Pawitra Jakarta Tahun 2017* (Doctoral dissertation, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Indonesia Maju).
- Suyitno, B. M. (2023). Model Program Kampus Hijau Perguruan Tinggi Swasta Referensi Menuju Kampus Hijau.
- Tjahjono, A. A., Bambang, A. N., & Anggoro, S. (2017). *Analisis Pengelolaan Air Ballast Kapal Niaga Berbasis Lingkungan Di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang* (Doctoral dissertation, School of Postgraduate).
- Valensyah, A. J., & Mashartanto, A. A. (2023). Optimalisasi Penerapan Marpol Annex I Guna Mencegah Pencemaran Laut Di MV Teluk Mas. *Jurnal Cakrawala Bahari*, 6(2), 106-114.