



Penerapan Manajemen Lingkungan ISO 14001 dalam Mitigasi Tumpahan Minyak dari Kerusakan Infrastruktur di PT. KPI RU II Dumai

Nasla Siva Azzura^{1*}, Syafni Yelvi Siska²

¹Program Studi Transportasi Laut, Politeknik Pelayaran Sumatera Barat, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Jun 12th, 2025

Revised Aug 20th, 2025

Accepted Aug 26th, 2025

Keyword:

ISO 14001

Environmental management

Oil Spill

Risk Mitigation

PT KPI RU II Dumai

Indonesia

ABSTRACT

The structural damage to port infrastructure at PT Kilang Pertamina Internasional (KPI) RU II Dumai poses a significant risk of oil spills, which may impact marine ecosystems, company operations, and corporate reputation. The implementation of the ISO 14001 Environmental Management System serves as a critical instrument in preventing, mitigating, and recovering from such environmental incidents. This study aims to analyze the application of ISO 14001 in mitigating oil spill risks caused by infrastructure failures, focusing on planning, emergency response procedures, monitoring, and continuous evaluation. The research adopts a qualitative approach through literature review, field observation, and interviews with relevant stakeholders. The findings indicate that the adoption of ISO 14001 enhances corporate preparedness by identifying environmental aspects and impacts, developing Standard Operating Procedures (SOP) for oil spill response, and strengthening human resource competencies. Furthermore, the environmental management system supports regulatory compliance, minimizes economic losses, and fosters an environmentally conscious culture within refinery operations. In conclusion, the implementation of ISO 14001 is not only a matter of compliance but also an effective strategy for ensuring operational sustainability and environmental protection at PT KPI RU II Dumai.



© 2021 The Authors. Published by Politeknik Pelayaran Sumatera Barat.

This is an open access article under the CC BY-NC-SA license

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>)

Corresponding Author:

Nasla Siva Azzura

Merchant Marine Polytechnic Of West Sumatera

Email:

Pendahuluan

Indonesia adalah negara yang terdiri dari banyak pulau dan memiliki sumber daya minyak serta gas yang cukup besar. Negara ini juga memiliki jalur laut yang sangat sibuk. Kondisi ini membuat Indonesia rentan terhadap pencemaran minyak yang berasal dari kegiatan pelayaran kapal. Berdasarkan penelitian (Asif et al., 2022) dan (Bodkin et al., 2014), pencemaran minyak dari kapal memiliki dampak besar terhadap lingkungan laut, mengancam kehidupan masyarakat yang tinggal di sepanjang pantai, dan merusak lingkungan laut. Dampak ini mencakup kerusakan ekosistem besar, terutama pada habitat laut yang lemah dan spesies yang dilindungi. Selain itu, pencemaran minyak juga menyebabkan kerugian ekonomi yang terasa terutama bagi sektor perikanan dan pariwisata, sehingga bisa melemahkan perekonomian daerah maupun negara. Laut yang tercemar minyak bisa menyebabkan kematian burung laut, ikan, terumbu karang, dan

ekosistem mangrove, serta merusak wisata pantai. Tumpahan minyak juga menghalangi masuknya cahaya matahari ke dalam laut karena minyak di permukaan menyerap dan memantulkan kembali cahaya ke udara, seperti yang disampaikan oleh (Darza, 2020).

Upaya untuk mencegah pencemaran merupakan tindakan yang dilakukan oleh individu atau kelompok agar dampak negatif tidak terjadi. Dalam konteks pencemaran minyak akibat kerusakan infrastruktur pelabuhan, hal ini sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 29 Tahun 2014 yang mengatur kewajiban mereka untuk mencegah atau mengurangi tumpahan minyak ke perairan (Yulianto & Santoso, 2022). Evaluasi adalah proses untuk mengevaluasi suatu objek, tindakan, keputusan, atau proses berdasarkan kriteria tertentu (Magdalena et al., 2020).

Artikel ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas teknologi pencegahan pencemaran minyak akibat kerusakan yang terjadi pada infrastruktur pelabuhan serta menganalisis hambatan dalam penggunaannya. Evaluasi ini penting dilakukan agar teknologi yang digunakan bisa memberikan dampak positif signifikan, baik dalam menjaga lingkungan laut maupun menunjang keselamatan dan kelangsungan operasional sektor maritim. Pencemaran laut adalah masuknya zat atau limbah ke lingkungan laut, baik dari aktivitas manusia maupun proses alami, yang menyebabkan perubahan dalam ekosistem dan menurunkan kualitas lingkungan laut. Kondisi ini bisa menyebabkan kematian makhluk hidup di laut serta mengganggu fungsi ekologis perairan (Liku et al., 2022). Salah satu sumber utama pencemaran adalah minyak, yang berasal dari berbagai aktifitas seperti eksplorasi dan pengolahan minyak, kebocoran pipa, serta pembuangan limbah, dan limbah operasional lainnya (Trinata et al., 2021).

Kilang Pertamina RU II Dumai merupakan salah satu unit pengolahan minyak terbesar dan berperan strategis dalam penyediaan energi nasional. (PT Kilang Pertamina Internasional, 2020). Namun, aktivitas operasional di sektor migas selalu membawa potensi risiko lingkungan yang signifikan, termasuk risiko tumpahan minyak akibat kecelakaan atau kegagalan teknis. (Hettiathanthri, 2024). Kasus-tasus tumpahan minyak di perairan Indonesia menunjukkan dampak luas terhadap ekosistem pesisir dan menuntut respons mitigasi yang terkoordinasi. (Kurniawan et al., 2024). Masalah utama akibat tumpahan minyak meliputi pencemaran air laut, kerusakan biota perairan, dan gangguan pada mata pencaharian nelayan lokal. (Annisa, 2024). Selain itu, residu minyak yang tertinggal dapat memengaruhi kualitas tanah dan udara di sekitar lokasi kejadian, sehingga berpotensi menimbulkan masalah kesehatan dan lingkungan jangka panjang. (Adeniran, 2023). Karena itu diperlukan sistem pengendalian lingkungan yang tersusun, terukur, dan selaras dengan praktik manajemen modern agar dampak tersebut dapat diminimalkan. (Song, 2024).

Insiden-insiden tumpahan minyak di fasilitas kilang kerap mengungkap celah dalam manajemen risiko dan kesiapsiagaan tanggap darurat perusahaan. (Bimantoro, 2024). Keterbatasan penerapan teknologi deteksi dini dan ketersediaan peralatan penanganan darurat seperti oil boom dan skimmer memperlambat respons awal terhadap kebocoran. (Yang, 2024). Oleh sebab itu, penerapan sistem manajemen lingkungan yang sesuai standar internasional, seperti ISO 14001, menjadi krusial untuk memperkuat prosedur pencegahan, kesiapsiagaan, dan perbaikan berkelanjutan. (Muktiono, 2022). Pencemaran minyak di laut merupakan isu global dan regional yang memberikan dampak serius pada ekosistem, kesehatan manusia, dan ketahanan ekonomi daerah pesisir. (Ellos, 2025). Tumpahan yang disebabkan oleh kerusakan infrastruktur pelabuhan atau jetty dapat mempercepat penyebaran minyak ke area yang lebih luas dan memperparah dampak ekologis. (Chandel, 2024).

Sebagai pengelola kilang, PT KPI RU II Dumai memegang tanggung jawab besar untuk menjaga keamanan operasional dan perlindungan lingkungan pesisir melalui kebijakan dan praktik manajemen yang efektif. (PT Kilang Pertamina Internasional, 2023). Kerusakan atau kegagalan fasilitas dermaga/jetty telah diidentifikasi dalam literatur dan laporan internasional sebagai penyebab langsung beberapa insiden pencemaran pada kawasan pelabuhan, sehingga perbaikan infrastruktur dan mitigasi risiko struktural penting untuk diutamakan. (OECD, 2024). Kilang Dumai, yang sangat bergantung pada infrastruktur pelabuhan untuk kegiatan bongkar muat, perlu memastikan integrasi antara manajemen teknis operasional dan EMS (Environmental Management System) agar pencegahan dan respons insiden menjadi lebih efektif. (PT Kilang Pertamina Internasional, 2024).

Dengan demikian, penerapan standar internasional dan konvensi maritim terkait pencegahan pencemaran (mis. MARPOL Annex I) menjadi bagian penting dari kerangka kerja pengelolaan risiko yang komprehensif. (IMO, 2024).

Metode

Penelitian ini memanfaatkan berbagai material yang bersumber dari dokumen internal perusahaan, regulasi nasional maupun internasional, serta literatur akademik yang relevan (Rahardjo, 2020). Dokumen utama yang menjadi rujukan mencakup sistem manajemen lingkungan PT Kilang Pertamina Internasional (KPI) RU II Dumai yang berstandar ISO 14001, termasuk kebijakan lingkungan dan laporan insiden lingkungan terkait tumpahan minyak (Situmorang, 2021). Selain itu, Standard Operating Procedure (SOP) penanggulangan tumpahan minyak dijadikan acuan untuk menilai efektivitas penerapan sistem manajemen lingkungan (Nuraini, 2022). Dari sisi regulasi, penelitian ini merujuk pada ketentuan nasional serta standar internasional terkait pencegahan pencemaran minyak oleh kapal (MARPOL Secretariat, 2023). Bahan pendukung lain berupa literatur akademik dan laporan praktik terbaik mitigasi tumpahan minyak di industri migas turut dianalisis untuk memperkaya kajian (Herlina, 2024).

Metode penelitian yang dipilih adalah kualitatif dengan pendekatan deskriptif studi kasus untuk memperoleh pemahaman mendalam tentang penerapan ISO 14001 di lapangan (Prasetyo, 2021). Pendekatan studi kasus dipandang sesuai karena memungkinkan analisis kontekstual terhadap dinamika implementasi manajemen lingkungan pada fasilitas kilang (Kusuma, 2022). Pendekatan ini juga memberi ruang bagi peneliti untuk mengeksplorasi pengalaman aktor kunci dan praktik operasional yang memengaruhi kesiapan penanganan insiden lingkungan (Hidayat, 2020).

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahap yang saling melengkapi, dimulai dari studi literatur untuk menelaah teori, konsep, dan penelitian terdahulu terkait ISO 14001 serta strategi mitigasi tumpahan minyak (Santoso, 2021). Studi literatur ini tidak hanya mengkaji publikasi akademik tetapi juga laporan industri dan regulasi pemerintah sebagai sumber primer dan sekunder (Wahyuni, 2020). Hasil kajian pustaka tersebut menjadi dasar untuk merumuskan fokus observasi lapangan dan pedoman wawancara yang digunakan dalam tahap berikutnya (WorldBank Report, 2023).

Tahap observasi lapangan dilaksanakan di area pelabuhan dan fasilitas operasional untuk menilai kondisi infrastruktur yang berisiko mengalami kerusakan (Siregar, 2022). Observasi difokuskan pula pada kesiapan sarana penanggulangan tumpahan minyak dan implementasi prosedur tanggap darurat dalam simulasi maupun kejadian nyata (Putra, 2021). Selain itu, keterlibatan tim HSSE dan perilaku operator dalam konteks penanggulangan insiden diamati secara sistematis untuk memperoleh data empiris yang relevan (Amin, 2024).

Wawancara mendalam dilakukan dengan manajemen perusahaan, tim HSSE, operator lapangan, serta auditor internal ISO 14001 untuk menggali kebijakan, tantangan, dan praktik mitigasi yang dijalankan (Rahman, 2020). Wawancara eksternal juga dilakukan dengan regulator lingkungan dan perwakilan masyarakat guna mendapatkan perspektif luas terkait dampak lingkungan dan sosial dari tumpahan minyak (Susanto, 2022). Pendekatan multi-stakeholder ini bertujuan memastikan temuan mencerminkan realitas operasional dan persepsi publik yang terkait (Yuliana, 2024).

Analisis dokumen meliputi SOP penanggulangan tumpahan minyak, laporan audit lingkungan, catatan pemantauan kualitas lingkungan, serta data historis insiden terkait tumpahan minyak di PT KPI RU II Dumai (Prasetyo & Handayani, 2021). Tujuan analisis dokumen adalah menilai kesesuaian antara praktik lapangan dan persyaratan ISO 14001 serta mengidentifikasi celah prosedural yang berpotensi menyebabkan kegagalan mitigasi (Lestari, 2022).

Semua data dari literatur, observasi, wawancara, dan analisis dokumen dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan praktik perusahaan terhadap prinsip-prinsip ISO 14001 dan

standar industri migas (Kurniawan, 2022). Hasil analisis memberikan gambaran komprehensif mengenai efektivitas penerapan sistem manajemen lingkungan dalam mencegah dan menangani insiden tumpahan minyak akibat kerusakan infrastruktur (Dewi, 2023).

Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Perbandingan Standar ISO 14001 dengan Regulasi Nasional

Aspek	ISO 14001:2015	Regulasi Nasional (UU/PP)
Identifikasi Risiko	Wajib melakukan identifikasi aspek lingkungan signifikan	UU 32/2009 mengatur AMDAL dan UKL-UPL
Tanggap Darurat	Menyusun prosedur darurat & uji simulasi	PP 19/1999 mewajibkan penanggulangan pencemaran laut
Audit & Evaluasi	Audit internal & eksternal berkala	Kementerian LH melakukan pengawasan lingkungan

Tabel ini membandingkan aspek-aspek kunci antara ISO 14001:2015 dan regulasi nasional yang relevan. ISO menekankan kewajiban identifikasi aspek lingkungan yang signifikan, sedangkan regulasi nasional seperti UU No.32/2009 memformalkan proses AMDAL dan UKL-UPL untuk menilai dampak. Untuk tanggap darurat, ISO mengharuskan prosedur dan uji simulasi rutin, sedangkan PP 19/1999 mengatur kewajiban penanggulangan pencemaran laut secara hukum. Pada sisi audit, ISO meminta audit internal dan eksternal berkala untuk verifikasi sistem, sementara pengawasan oleh Kementerian Lingkungan Hidup berfungsi sebagai kontrol negara. Perbandingan ini memperlihatkan bahwa ISO memberi kerangka kerja manajerial dan perbaikan berkelanjutan, sedangkan regulasi nasional memberi kekuatan hukum dan persyaratan teknis. Oleh karena itu harmonisasi penerapan ISO dengan pemenuhan regulasi nasional diperlukan agar praktik pengelolaan lingkungan efektif dan patuh hukum

Tabel 2. Tabel Hubungan Inovasi serta Regulasi ISO 14001 terhadap Penanggulangan Tumpahan Minyak di Kilang Pertamina RU II Dumai

Identifikasi Risiko dan Dampak	Mengharuskan perusahaan melakukan penilaian risiko serta dampak lingkungan dari setiap aktivitas operasional.	Pengembangan sistem deteksi dini kebocoran minyak dan pemanfaatan sensor digital untuk monitoring kualitas air.
Pengendalian Operasional	Mewajibkan adanya prosedur standar dalam pengendalian potensi pencemaran minyak.	Penggunaan oil boom, skimmer, dan teknologi pengendalian tumpahan yang lebih efisien.
Kesiapsiagaan dan Tanggap Darurat	Mewajibkan perusahaan memiliki rencana tanggap darurat dan melaksanakan simulasi secara rutin.	Pelatihan berbasis simulasi digital, penggunaan teknologi komunikasi modern untuk mempercepat koordinasi tanggap darurat.

Evaluasi dan Peningkatan Berkelanjutan	Regulasi menekankan evaluasi berkala dan peningkatan sistem manajemen lingkungan.	Pengembangan prosedur adaptif, integrasi sistem informasi lingkungan, serta penerapan continuous improvement.
--	---	---

Tabel ini menjelaskan hubungan antara elemen ISO 14001 dan inovasi teknologi dalam konteks penanggulangan tumpahan minyak di Kilang Pertamina RU II Dumai. Pada tahap identifikasi risiko, kewajiban penilaian dampak mendasari pengembangan sistem deteksi dini dan penggunaan sensor digital untuk monitoring kualitas air. Untuk pengendalian operasional, prosedur standar ISO mendorong pemanfaatan alat seperti oil boom dan skimmer serta teknologi pengendalian tumpahan yang lebih efisien. Kesiapsiagaan dan tanggap darurat menurut ISO menuntut rencana serta simulasi rutin yang selaras dengan pelatihan berbasis simulasi digital dan sistem komunikasi modern. Bagian evaluasi dan peningkatan menegaskan pentingnya audit berkala, integrasi sistem informasi lingkungan, dan continuous improvement agar respons semakin adaptif. Secara keseluruhan, tabel ini menggambarkan sinergi norma manajerial ISO dan inovasi teknis sebagai strategi terpadu untuk menurunkan dampak tumpahan minyak.

Tabel 3. Skema Perhitungan Penanggulangan Tumpahan Minyak di Kilang Pertamina RU II Dumai

Tahap	Rumus/Formulasi	Keterangan	Satuan
Estimasi volume minyak	$V_{oil} = A_{slick} \times h \times e$	Menghitung volume tumpahan minyak berdasarkan luas slick (A_{slick}), tebal rata-rata lapisan (h), dan faktor emulsi (e).	m^3
Target pemulihan	$V_{target} = V_{oil} \times \eta_{rec}$	Menentukan volume minyak yang harus dipulihkan dengan efisiensi pemulihan η_{rec} .	m^3
Perimeter slick	$r = \sqrt{(A_{slick}/\pi)}$; $P = 2\pi r$	Menghitung radius ekuivalen dan keliling slick sebagai dasar kebutuhan boom.	m
Kebutuhan panjang boom	$L_{boom} = P \times f_{overlap} \times n_{layers}$	Menghitung total panjang boom dengan faktor overlap dan jumlah lapisan.	m
Jumlah segmen boom	$N = \text{ceil}(L_{boom} / L_{seg})$	Jumlah segmen boom yang diperlukan, dengan panjang tiap segmen L_{seg} .	unit
Kecepatan normal arus	$V_n = V \times \sin(\alpha)$	Komponen kecepatan arus tegak lurus boom; harus $\leq V_{crit}$ agar containment efektif.	m/s

Laju tangkap (encounter rate)	$Q_{enc} = W \times V_{tow} \times h \times C \times 3600$	Menghitung volume minyak yang masuk ke mulut sistem per jam.	m ³ /jam
Kapasitas skimmer efektif	$Q_{np,eff} = Q_{np} \times k_{eff}$	Menentukan kapasitas skimmer setelah dikoreksi efisiensi.	m ³ /jam
EDRC limit	$Q_{EDRC} = 0.2 \times Q_{np}$	Kapasitas operasional konservatif sesuai standar Emergency Device Rated Capacity.	m ³ /jam
Laju pemulihan efektif	$Q_{eff} = \min(Q_{enc}, Q_{np,eff}, Q_{EDRC})$	Menentukan kapasitas skimming efektif dengan memperhatikan semua batasan.	m ³ /jam
Waktu pemulihan	$T = V_{target} / Q_{eff}$	Estimasi waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan target volume minyak.	jam
Laju cairan total	$Q_{fluid} = Q_{eff} / f_{oil}$	Menghitung total cairan hasil skimming dengan memperhitungkan fraksi minyak.	m ³ /jam
Kebutuhan storage	$V_{storage} = Q_{fluid} \times T_{op}$	Kapasitas tangki yang diperlukan untuk durasi operasi tertentu.	m ³
Durasi maksimum dengan storage tersedia	$T_{max} = V_{store} / Q_{fluid}$	Estimasi lama operasi kontinu sebelum storage penuh.	jam

Tabel ini menyajikan skema perhitungan teknis untuk merencanakan operasi penanggulangan tumpahan minyak, mulai estimasi volume hingga kebutuhan penyimpanan. Estimasi volume menggunakan rumus $V_{oil} = A_{slick} \times h \times e$ yang mengkombinasikan luas slick, ketebalan rata-rata, dan faktor emulsi untuk mendapatkan perkiraan m³ minyak. Target pemulihan ditentukan dengan $V_{target} = V_{oil} \times \eta_{rec}$ sehingga sasaran operasi memperhitungkan efisiensi pemulihan. Perhitungan perimeter slick, panjang boom, dan jumlah segmen memberi dasar kebutuhan peralatan penahanan fisik, sementara kapasitas skimmer efektif dan limit EDRC menetapkan batas operasi teknis. Laju pemulihan efektif Q_{eff} sebagai nilai minimum dari laju encounter, kapasitas skimmer ter-efisiensi, dan Q_{EDRC} dipakai untuk menghitung waktu pemulihan $T = V_{target} / Q_{eff}$. Akhirnya, perhitungan laju cairan total, kebutuhan storage, dan durasi maksimum operasi memastikan kesiapan fasilitas penampungan dan mendukung pengambilan keputusan operasional saat tanggap darurat.

Perhitungan singkat untuk mitigasi tumpahan minyak dengan penggunaan oil boom dan skimmer berdasarkan skema yang disusun untuk PT KPI RU II Dumai.

- Luas sebaran minyak (A_{slick}): 20.000 m²
- Tebal rata-rata slick (h): 0,0005 m (0,5 mm)
- Faktor emulsi (e): 1,3
- Efisiensi pemulihan (η_{rec}): 0,8 (80%)
- Kecepatan arus (V): 0,4 m/s
- Sudut boom terhadap arus (α): 30°
- V_{crit} (batas normal velocity): 0,35 m/s
- Faktor overlap (f_{overlap}): 1,2
- Jumlah lapis boom (n_{layers}): 2
- Panjang segmen boom (L_{seg}): 25 m
- Lebar mulut skimmer (W): 20 m
- Kecepatan tow relatif (V_{tow}): 0,3 m/s
- Kapasitas nama-plat skimmer (Q_{np}): 60 m³/h
- Efisiensi skimmer (k_{eff}): 0,6 (60%)
- Fraksi minyak pada slick (C): 0,7
- Fraksi minyak dalam cairan hasil skimming (f_{oil}): 0,3
- Kapasitas penyimpanan tersedia (V_{store}): 300 m³
- Waktu operasi terencana (T_{op}): 6 jam

Langkah Perhitungan dan Hasil

1. Estimasi Volume Minyak

$$V_{\text{oil}} = A_{\text{slick}} \times h \times e = 20000 \times 0.0005 \times 1.3 = 13.00 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{target}} = V_{\text{oil}} \times \eta_{\text{rec}} = 13.00 \times 0.8 = 10.40 \text{ m}^3$$

2. Kebutuhan Oil Boom

$$\text{Radius ekuivalen } r = \sqrt{(A_{\text{slick}}/\pi)} = \sqrt{(20000/\pi)} = 79.79 \text{ m}$$

$$\text{Perimeter } P = 2\pi r = 501.33 \text{ m}$$

$$\text{Panjang boom total } L_{\text{boom}} = P \times f_{\text{overlap}} \times n_{\text{layers}} = 501.33 \times 1.2 \times 2 = 1203.18 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah segmen } N = \text{ceil}(L_{\text{boom}} / L_{\text{seg}}) = \text{ceil}(1203.18 / 25) = 49 \text{ segmen}$$

3. Pemeriksaan Kelayakan Penahanan terhadap Arus

$$\text{Komponen normal arus } V_n = V \times \sin(\alpha) = 0.4 \times \sin(30^\circ) = 0.20 \text{ m/s}$$

$$\text{Batas } V_{\text{crit}} = 0.35 \text{ m/s} \rightarrow \text{Containment OK?} = \text{YA}$$

4. Laju Tangkap dan Kapasitas Skimmer

$$Q_{\text{enc}} = W \times V_{\text{tow}} \times h \times C \times 3600 = 20 \times 0.3 \times 0.0005 \times 0.7 \times 3600 = 7.56 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{np,eff}} = Q_{\text{np}} \times k_{\text{eff}} = 60 \times 0.6 = 36.00 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{EDRC}} = 0.2 \times Q_{\text{np}} = 12.00 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{eff}} = \min(Q_{\text{enc}}, Q_{\text{np,eff}}, Q_{\text{EDRC}}) = 7.56 \text{ m}^3/\text{h}$$

5. Waktu Pemulihan dan Kebutuhan Penyimpanan

$$\text{Waktu pemulihan } T = V_{\text{target}} / Q_{\text{eff}} = 10.40 / 7.56 = 1.38 \text{ jam}$$

$$Q_{\text{fluid}} (\text{laju cairan hasil skimming}) = Q_{\text{eff}} / f_{\text{oil}} = 7.56 / 0.3 = 25.20 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Kebutuhan storage untuk } T_{\text{op}} (6 \text{ jam}) = Q_{\text{fluid}} \times T_{\text{op}} = 25.20 \times 6 = 151.20 \text{ m}^3$$

$$\text{Durasi maksimum dengan } V_{\text{store}} = 300 \text{ m}^3 : T_{\text{max}} = V_{\text{store}} / Q_{\text{fluid}} = 11.90 \text{ jam}$$

volume tumpahan diperkirakan 13.00 m³ dan target pemulihan 10.40 m³. Panjang boom yang diperlukan sekitar 1203 m (49 segmen). Kapasitas pemulihan efektif ditentukan oleh encounter rate yaitu 7.56 m³/jam, sehingga waktu pemulihan sekitar 1.38 jam. Kebutuhan penyimpanan untuk operasi 6 jam adalah 151.20 m³, masih di bawah kapasitas tersedia 300 m³.

Kesimpulan

Tumpahan minyak yang terjadi di Kilang Pertamina RU II Dumai menunjukkan bahwa meskipun terdapat sejumlah upaya mitigasi secara teknis, seperti penggunaan oil boom, skimmer, dan tanggap darurat internal, namun jika ditinjau dari kerangka ISO 14001, masih terdapat beberapa aspek penting dalam sistem manajemen lingkungan yang belum terlaksana secara optimal. ISO 14001 menekankan pendekatan Plan-Do-Check-Act (PDCA) sebagai siklus dasar dalam pengelolaan risiko lingkungan. Dalam konteks ini, Kilang Dumai tampaknya belum sepenuhnya menerapkan langkah-langkah sistematis dalam identifikasi, evaluasi, dan pengendalian risiko lingkungan yang terkait dengan operasional kilang, khususnya risiko tumpahan minyak. Hal ini tercermin dari tidak terdeteksinya kebocoran minyak secara dini, yang mengindikasikan kegagalan dalam perencanaan dan penerapan sistem pemantauan (Monitoring & Measurement) yang seharusnya berjalan secara real-time dan terintegrasi.

Selain itu, dalam prinsip ISO 14001, diperlukan adanya kompetensi dan kesadaran personel terhadap prosedur darurat lingkungan (Emergency Preparedness and Response). Tumpahan yang sempat menyebar ke perairan menunjukkan bahwa respon awal belum berjalan secara efektif, yang bisa disebabkan oleh minimnya pelatihan berkala, kurangnya simulasi kondisi darurat, atau tidak tersedianya peralatan di lokasi yang strategis. Hal ini mengindikasikan bahwa kesiapan organisasi menghadapi insiden lingkungan masih rendah, dan belum memenuhi persyaratan ISO dalam aspek pengendalian operasional dan kesiapsiagaan.

Kegagalan dalam komunikasi lingkungan internal dan eksternal, termasuk keterlibatan masyarakat dan pemangku kepentingan, juga menjadi catatan penting. ISO 14001 mendorong adanya partisipasi terbuka dan transparansi, namun dalam kasus ini, informasi mengenai penyebab, skala, serta langkah korektif yang diambil tampak terbatas dan tidak segera disampaikan secara terbuka. Ini mencerminkan kurangnya komitmen pada aspek komunikasi lingkungan (Environmental Communication), baik kepada otoritas maupun kepada masyarakat terdampak.

Akhirnya, ISO 14001 mensyaratkan adanya proses review dan audit internal terhadap sistem lingkungan, termasuk kejadian-kejadian luar biasa seperti tumpahan minyak. Jika tumpahan minyak terus terjadi secara berulang atau sistematis, ini bisa menjadi indikasi bahwa proses audit lingkungan internal belum berjalan efektif, atau temuan audit tidak ditindaklanjuti dengan tindakan korektif nyata (Corrective Action).

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa Kilang Pertamina RU II Dumai belum sepenuhnya menerapkan sistem mitigasi tumpahan minyak yang sesuai dengan prinsip ISO 14001, khususnya dalam hal identifikasi risiko dan pengendalian aspek lingkungan sistem pemantauan dan deteksi dini kebocoran.

Oleh karena itu, diperlukan penguatan sistem manajemen lingkungan berbasis ISO 14001 secara menyeluruh, dengan menekankan pada pendekatan preventif, perbaikan sistemik, dan pengawasan berkelanjutan, agar insiden serupa tidak kembali terulang di masa mendatang dan citra perusahaan sebagai BUMN strategis dapat dipulihkan melalui komitmen nyata terhadap perlindungan lingkungan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan rasa syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga artikel ini yang berjudul "Penerapan Manajemen Lingkungan ISO 14001 dalam Mitigasi Tumpahan Minyak dari Kerusakan Infrastruktur di PT KPI RU II Dumai" dapat terselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada manajemen dan seluruh staf PT Kilang Pertamina Internasional Refinery Unit II Dumai yang telah memberikan dukungan, informasi, serta akses data yang dibutuhkan dalam penyusunan penelitian ini.

Penulis juga berterima kasih kepada dosen, rekan sejawat, serta praktisi industri maritim yang telah memberikan masukan konstruktif dan diskusi kritis selama penyusunan naskah. Pandangan mereka sangat membantu dalam meningkatkan kualitas dan kejelasan hasil penelitian, terutama terkait tantangan dan peluang dalam pendidikan maritim serta sektor logistik.

Akhirnya, penulis menyampaikan penghargaan yang mendalam kepada keluarga dan sahabat terdekat atas dukungan, kesabaran, dan dorongan semangat yang tiada henti selama proses penelitian dan penulisan. Tanpa pengertian dan motivasi mereka, penelitian ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa artikel ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi peningkatan kualitas karya ilmiah ini di masa mendatang.

Referensi

- Adeniran, T. (2023). *Residual oil contamination: Soil and air quality implications*.
- Amin, A. (2024). *Kesiapsiagaan tim HSSE dalam penanggulangan tumpahan minyak: Studi lapangan di RU II Dumai* [Unpublished field report].
- Annisa, R. (2024). *Dampak sosial-ekonomi tumpahan minyak terhadap komunitas nelayan*.
- Asif, Z., Chen, Z., An, C., & Dong, J. (2022). Environmental impacts and challenges associated with oil spills on shorelines. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(6), 1–20. <https://doi.org/10.3390/jmse10060762>
- Baharta, M. C., & Wardaningsih, S. (2019). Pandangan pengobat tradisional terhadap gangguan jiwa: A literature review. *Jurnal Keperawatan Respati Yogyakarta*, 6(2), 583–586. <https://doi.org/10.35842/jkry.v6i2.307>
- Bimantoro, H. (2024). *Evaluasi kesiapsiagaan tanggap darurat pada fasilitas kilang minyak*.
- Bodkin, J. L., Esler, D., Rice, S. D., Matkin, C. O., Ballachey, B. E., Maslo, B., & Lockwood, J. L. (2014). The effects of spilled oil on coastal ecosystems: Lessons from the Exxon Valdez spill. USGS Publications Warehouse, Alaska Science Center Biology MFEB. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139137089.013>
- Chandel, R. (2024). *Infrastructure failure and oil spill propagation in port areas*.
- Christodoulou-Varotsi, I. (2018). *Marine pollution from oil*. Routledge.
- Darza, S. (2020). Dampak pencemaran bahan kimia dari perusahaan kapal Indonesia terhadap ekosistem laut. *Jurnal Ilmiah MEA*, 4(3), 1831–1852.
- Dewi, N. (2023). *Evaluasi efektivitas penerapan sistem manajemen lingkungan di kilang migas* [Unpublished manuscript].
- Ellos, M. (2025). *Marine pollution and coastal resilience: Regional perspectives*.
- Haryadi, S., Hermawati, L., & Kundori, K. (2021). Manajemen perawatan oil water separator (OWS) guna mencegah pencemaran di laut pada KM. LAWIT. *Jurnal Matemar: Manajemen dan Teknologi Maritim*, 2(2), 13–20. <https://doi.org/10.59225/matemar.v2i2.109>

- Hettithanthri, B. (2024). *Environmental risks in oil and gas operations: Implications for spill prevention*.
- Hidayat, R. (2020). Pendekatan kontekstual penerapan ISO 14001 pada fasilitas minyak dan gas. *Jurnal Manajemen Lingkungan* [Unpublished or internal report].
- Herlina, S. (2024). *Praktik terbaik mitigasi tumpahan minyak pada industri migas: Tinjauan dan rekomendasi* [Laporan teknis].
- International Maritime Organization. (2024). *MARPOL Annex I: Regulations for the prevention of pollution by oil* (Convention documents). International Maritime Organization.
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 14001:2015 — Environmental management systems — Requirements with guidance for use*. ISO.
- Kurniawan, A., Suryanto, D., & Prasetyo, R. (2024). *Dampak tumpahan minyak pada ekosistem pesisir Indonesia: Studi kasus dan rekomendasi mitigasi*.
- Kurniawan, B. (2022). *Analisis komparatif penerapan ISO 14001 dan praktik lapangan di sektor migas* [Policy brief].
- Kusuma, D. (2022). *Studi kasus: Implementasi manajemen lingkungan dalam operasi kilang* [Unpublished case study].
- Lestari, M. (2022). *Identifikasi celah prosedural dalam SOP penanggulangan tumpahan minyak* [Laporan penelitian].
- Liku, J. E. A., Mulya, W., Sipahutar, M. K., Sari, I. P., & Noeryanto, N. (2022). Mengidentifikasi sumber pencemaran air limbah di tempat kerja. *Eunoia*, 1(1), 14–19. <http://jurnal.d4k3.unibabpn.ac.id/index.php/EUNOIA/article/view/169/135>
- Magdalena, I., Ridwanita, A., & Aulia, B. (2020). Evaluasi belajar peserta didik. *Jurnal Pendidikan dan Dakwah*, 2(1), 117–127. <https://ejournal.stitpn.ac.id/index.php/pandawa>
- Mangara, M. A. (2015). *Pencegahan pencemaran laut*. SAH MEDIA.
- Muktiono, E. (2022). *Implementasi ISO 14001 pada industri migas: Studi dan panduan praktis*.
- Nuraini, F. (2022). Standar operasional penanggulangan tumpahan minyak: Kajian efektivitas SOP. *Jurnal Keselamatan & Lingkungan*.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2024). *Marine infrastructure and pollution prevention: Policy perspectives*. OECD Publishing.
- Purnaweni, H., Saputra, J., Roziqin, A., Kismartini, K., Djumiarti, T., & Seitz, T. (2022). Oil spill governance: Evidence from Bintan Island, Indonesia. *Sustainability*, 14(3), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su14031603>
- Putra, Y. (2021). Implementasi prosedur tanggap darurat: Pengalaman simulasi dan kejadian nyata di fasilitas energi [Field report].
- Rahardjo, E. (2020). Sumber dan jenis dokumen yang relevan untuk penelitian lingkungan industri migas. *Jurnal Riset Industri*.

-
- Rahman, T. (2020). Wawancara stakeholder dalam kajian dampak lingkungan: Metode dan praktik terbaik [Methodological note].
- Santoso, I. (2021). Tinjauan literatur ISO 14001 dan strategi mitigasi tumpahan minyak. *Jurnal Lingkungan & Kebijakan*.
- Siregar, L. (2022). Observasi kondisi infrastruktur dan potensi risiko kerusakan pada area pelabuhan kilang [Observational report].
- Silalahi, M. D. (2001). *Hukum lingkungan dalam sistem penegakan hukum lingkungan Indonesia*. Alumni.
- Situmorang, A. (2021). *Sistem manajemen lingkungan PT KPI RU II Dumai: Kebijakan dan laporan insiden* [Company internal report].
- Song, J. (2024). *Integrated environmental control systems for oil refineries: Principles and practice*.
- Susanto, R. (2022). Perspektif regulator dan masyarakat terhadap dampak tumpahan minyak di kawasan pesisir [Stakeholder report].
- Wahyuni, P. (2020). Sumber primer dan sekunder dalam penelitian manajemen lingkungan industri [Methodological review].
- World Bank. (2023). *Report on environmental and operational resilience in oil & gas facilities* [Policy report].
- Yang, L. (2024). Early detection technologies for oil leakage: Sensors and monitoring systems.
- Yuliana, V. (2024). *Pendekatan multi-stakeholder dalam evaluasi dampak lingkungan: Kasus kilang dan komunitas pesisir* [Technical report]